

Juha Murtonen

KUORMA-AUTON
PÄÄLLIRAKENTEEEN VALMISTUS
MAN TGM 13.240 4x4

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetustekniikka


Huhtikuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 27.04.2010	
Tekijä(t) Juha Murtonen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikka	
Nimeke Kuorma-auton päällirakenteen valmistus			
Tiivistelmä <p>Kuorma-autot ovat hyötyajoneuvoja, ja lähes poikkeuksetta jokaiseen kuorma-autoon kuuluu päällirakenne. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää ja dokumentoida MAN TGM 13.240 4x4 - kuorma-auton päällirakenteen valmistusvaiheet. Työn toimeksiantajana on mikkeliläislähtöinen raskaan kaluston korjaamo Mikkelin Rekkakorjaamo Ky. Kyseinen yritys toimii Mikkelissä on MAN, Iveco ja DAF -merkkihuoltamona.</p> <p>Tarkoituksena on piirtää selkeälukuiset tekniset mittapiirustukset päällirakenteesta korjaamon tulevia käyttötarpeita varten. Lisäksi ajoneuvon rekisteröintikatsastusta varten tarvitaan useita dokumentteja ja todistuksia. Niihin lukeutuvat tässä opinnäytetyössä käsitellyt lujuuslaskelmat päällirakenteen lujuuden osalta.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Kuorma-auto, päällirakenne, lujuuslaskelma			
Sivumäärä 37 + 3 liitettä	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin Rekkakorjaamo Ky	

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 27.04.2010	
Author(s) Juha Murtonen		Degree programme and option Automotive and transportation Engineering	
Name of the bachelor's thesis Manufacturing of truck bodywork			
Abstract <p>The purpose of my Bachelor's thesis was to document the manufacturing process of truck bodywork. The mandator of the thesis is Finnish heavy vehicle maintenance company Mikkelin Rekkakorjaamo Ky. The company has MAN, Iveco and DAF dealership services.</p> <p>I measured the bodywork, created full technical drawings and calculated the strength of the bodywork. About documents, they were created to help the company staff to manufacture another bodywork like this. The strength calculations are necessary during vehicle's first registration and they must meet the requirements of the law.</p>			
Subject headings, (keywords) Truck, bodywork, strength calculation			
Pages 37 + 3 appendices	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Kari Ehrnrooth		Bachelor's thesis assigned by Mikkelin Rekkakorjaamo Ky	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄHTÖKOHDAT	2
3	AJONEUVO	2
3.1	Moottori	2
3.1.1	Tyypimerkintä	2
3.1.2	Pakokaasujen jälkikäsittely	3
3.2	Voimansiirto	4
3.2.1	Tyypimerkintä	4
3.2.2	Lisävarusteet	5
3.3	Alusta ja runkorakenne	5
4	PÄÄLLIRAKENTEEN VARUSTELU JA VAATIMUKSET	7
4.1	Tilaajan vaatimukset	7
4.1.1	Lavarakenteen vaatimukset	8
4.1.2	Vakiovarustuksen täydentäminen	8
4.2	HIAB XS 088 -kuormausnosturi	9
4.2.1	Tekniset tiedot	9
4.2.2	HiDuo-ohjausjärjestelmä	11
4.3	Warn-sähkövinssi	11
5	PÄÄLLIRAKENTEEN VALMISTUS	12
5.1	Suunnittelu	12
5.2	Valmistusprosessi	13
5.2.1	Lavarakenteen perusrunko	13
5.2.2	Ohjaamosuoja, takapäätty ja alleajosuojat	15
5.2.3	Vinssiteline, rappuset ja vetokoukku	17
5.2.4	Laatikostot, luukut ja vanerointi	19
5.2.5	Muut osat ja perusrungon viimeistely	21
5.2.6	Pintakäsittely	23
5.2.7	Lavan pohjan ja kuormauslenkkien asentaminen	23
5.3	Kuormausnosturin asentaminen	24
5.4	Sähköjärjestelmän päivitys	25

6	LUJUUSLASKELMAT	26
6.1	Lainsäädäntö	26
6.2	Kuormakorin kiinnitys ajoneuvoon	28
6.2.1	Pultin halkaisija.....	29
6.2.2	Kiinnikelevyn paksuus.....	31
6.2.3	Vetojännitys ja reunapuristus.....	32
6.2.4	Hitsaussaumojen lujuus	33
6.3	Ohjaamosuojan lujuus	33
6.4	Kuorman kiinnityspisteiden lujuus	34
7	KATSASTUS.....	35
8	POHDINTA	36
9	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kuorma-auton päällirakenteen valmistamista, kuorma-auton ulkopuolisten lisälaitteiden asennusta ja tämän kokonaisuuden rekisteröintikatsastusta. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Mikkelin Rekkakorjaamo Ky (myöhemmin Mikkelin Rekkakorjaamo), joka on toiminut raskaankaluston korjaamona ja huoltamona jo vuodesta 1982. Yritys on siirtynyt vuonna 2007 kuopiolaisen Kuorma-autoasennus JM Oy:n omistukseen. Mikkelin Rekkakorjaamolla on MAN, IVECO ja DAF–merkkihuollot. Sain opinnäytetyöni aiheen, kun Mikkelin Rekkakorjaamon toimipisteeltä tuli henkilökuntaa Mikkelin ammattikorkeakoululle kertomaan opinnäytetyön mahdollisuudesta ja sen tavoitteista. Projekti alkoi lokakuun alussa vuonna 2009. Sen teknisestä toteutuksesta vastaa toimeksiantaja ja työ tapahtuu heidän tiloissa Mikkelissä. Kirjallisen osuuden eli tämän työn pääpaino on teknisten piirustusten ja lujuslaskelmien laadinta. Laskelmien lisäksi hyväksyttävään rekisteröintikatsastukseen tarvitaan vielä muita asiakirjoja, joista kerron myöhemmin.

Opinnäytetyön tavoitteena on ensisijaisesti laatia vaaditut asiakirjat ensirekisteröintiä varten Ajoneuvohallintokeskukselle (myöhemmin AKE) ja Mikkelin Rekkakorjaamon tarvitsemat dokumentit ja tekniset piirustukset yrityksen omaa käyttöä varten. Tarkoituksena on luoda helppolukuiset ja selkeät piirustukset, ei niinkään piirustusteknillisesti täydellisiä piirroksia. Tämä siksi, että päällirakenteen valmistajan ja asentajan on helpompi lukea piirustuksia. Henkilökohtaisina tavoitteinani on tutustua tarkemmin kuorma-auton rakenteisiin ja tekniikkaan sekä kehittyä teknisenä piirtäjänä ja lujuslaskijana. Uusien kontaktien luominen on tässä työssä välttämätöntä, joka on mielestäni hyvä asia tulevaisuuden työelämää silmällä pitäen.

2 LÄHTÖKOHDAT

Valmistettavan päällirakenteen tilaajana on Suur-Savon Sähkötyö Oy. Tilauksen mukaan Mikkelin Rekkakorjaamo valmistaa ja asentaa maastokuorma-auton alustalle päällirakenteen lisävarusteineen. Ajoneuvon lisävarustukseen kuuluu muun muassa kaksikerroksinen teräsalumiinilava laatikostoineen, kuormausnosturi ja sähkötoiminen vinssi. Työn alkuvaiheessa valmiina oli ainoastaan auto, joka oli tehdastilauksen mukaisessa varustuksessa. Rakentamisessa käytetty pääraaka-aine on laadultaan S355 rakenneterästä. Materiaali ostetaan raakatavarana ja muokataan haluttuun mittaan ja muotoon vasta rakennettaessa.

3 AJONEUVO

Kuorma-auto, johon päällirakenne valmistetaan, on merkiltään ja malliltaan MAN TGM 13.240. MAN on saksalainen maailmanlaajuinen keskiraskaiden ja raskaiden kuorma-autojen, moottorien ja erilaisten raskaankaluston komponenttien, esimerkiksi akseleiden valmistaja. Kohdeauto on valmistettu vuonna 2009. Kuva liitteessä 1. [1, s.60-62.]

3.1 Moottori

Nykyisin valmistettavien MAN -kuorma-autojen moottorit ovat neljä-, kuusi-, tai kahdeksansylinterisiä, iskutilavuudeltaan 4,5-16,2 -litraisia diesel-moottoreita. MAN käyttää kaikissa Common Rail –moottoreiden tyyppimerkinnöissä samaa logiikkaa. [1, s.60-62.]

3.1.1 Tyyppimerkintä

Kohdeauton moottorina on MAN:n valmistama kuusisylinterinen D08-sarjan diesel-moottori. Tyyppimerkinnältään se on D0836LFL53 ja iskutilavuudeltaan 6871 cm^3 . Moottorikoodissa ensimmäinen D-kirjain tarkoittaa käytettyä polttoainetyyppiä, D-kirjain merkitsee dieseliä. Seuraavat kaksi numeroa liittyvät moottorin sylinterin halkaisijaan. Kun niihin lisätään 100 (mm), saadaan sylinterin halkaisija millimetreinä. Toisin sanoen D08-sarjan moottoreissa sylinterin poraus on

$08\text{mm} + 100\text{mm} = 108\text{mm}$. Koodin kolmas numero määrittää iskupituuden, tässä moottorissa se on 125 mm. Neljäs numero kertoo sylintereiden lukumäärän. Numeroi-
den jälkeinen kirjain tarkoittaa ahtamistyyppiä, L-kirjain tarkoittaa turboahdettua ja
välijäähdytettyä (ilmasta-ilmaan –tyyppinen) moottoria. Kyseisessä moottorissa on
yksivaiheinen ahdin eli siinä ei ole muuttuvageometrisiä johdinsiipiä. F-kirjain on
merkinä moottorin asennuksesta pitkittäin auton keulalle. Kaksi viimeistä numeroa
kertoa moottorin version. D0836LFL53-moottorin maksimiteho on 176 kW ($2300 \frac{1}{\text{min}}$) ja maksimivääntömomentsi 925 Nm ($1200\text{-}1800 \frac{1}{\text{min}}$). Moottorin massa on
ajokuntoisena 625 kg. Ajoneuvon mallimerkinnässä TGM 13.240 luku 240 tarkoittaa
moottorin tehoa hevosvoimina. [2, s.4; 4 s.86-90.]

3.1.2 Pakokaasujen jälkikäsittely

Polttoainetta siis ruiskutetaan Common Rail -yhteispaineruiskutuksella. Pakokaasujen
jälkikäsittelyyn on kehitetty AGR-järjestelmä. Erona perinteiseen EGR-järjestelmään
on pakokaasun jäähdytys ennen sen kierrätystä. Sen rinnalle on kehitetty edistykselli-
nen MAN PM-KAT –partikkelisuodatin. Sen suodatuskyky on 60%-90%. Päästöarvo
on $203 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$. Näillä jälkikäsittelymenetelmillä ei tarvita pakokaasujen sekaan suihku-
tettavia lisäaineita, kuten AdBlue. Auto on varustettu myös OBD-järjestelmällä. Moot-
tori täyttää sille asetetut EURO 4 –päästövaatimukset. Lisäksi moottori on varustettu
EVB-pakokaasujarrulla, jonka käytöllä voidaan säästää auton omia mekaanisia jarruja.
[3, s.1; 4 s.86-90; 6; 11, s.22.]



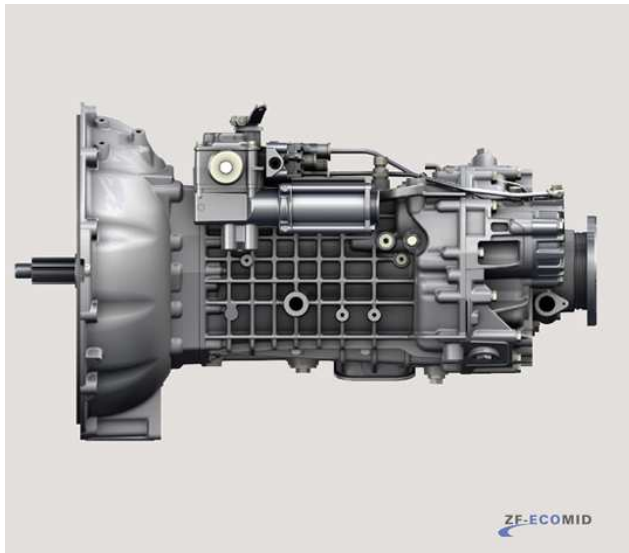
KUVA 1. MAN D0836LFL53 –moottori [2, s.3.]

3.2 Voimansiirto

MAN TGM:n vaihteisto on ZF Friedrichshafen AG:n (myöhemmin ZF) valmistama. ZF on saksalainen autoalan komponenttivalmistaja. Sen päätuotteisiin kuuluu muun muassa henkilöautojen ja raskaankaluston vaihteistot sekä muut voimansiirron osat. Kohdeautossa vaihteita on yhdeksän eteenpäin, joista yksi on erillinen ryömintävaihde ja niiden lisäksi yksi vaihde taaksepäin. Vaihteisto on tyypiltään täyssynkronoitu manuaalivaihteisto, kauppanimeltään ZF ECOMID. Ajoneuvo on varustettu erikseen kytkettävällä nelivedolla. Myös nelivedon jakovaihteisto on ZF:n valmistama. Sähköisestä valintakytkimestä voidaan valita tasauspyörästön lukkoja käyttöön. Pneumaattisesti kytkeytyvä lukitus on mahdollinen etu-, taka-, tai keskitasauspyörästöille. [8.]

3.2.1 Tyypimerkintä

Vaihteiston tyypimerkintä on 9 S 1115 TD. Ensimmäinen luku tarkoittaa vaihteiden lukumäärää. Kirjain S tarkoittaa synkronoitua vaihteistoa. Tyypimerkinnän numerosarjan 1115 luvut 11 kerrottuna luvulla 100 (Nm) saadaan suurin sallittu moottorilta kytkinakselille tuleva vääntömomentti eli $11 \cdot 100Nm = 1100Nm$. Kolmas numero 1 tarkoittaa vaihteiston tuoteperhettä, ECOMID -vaihteisto on tarkoitettu keskiraskaisiin ajoneuvoihin. Viimeinen numero 5 tarkoittaa vaihteiston lisävarustetasoa, josta kerron seuraavassa luvussa hieman lisää. Tyypimerkinnän lopussa oleva kirjainyhdistelmä TD tarkoittaa vaihteiston versiota, tässä vaihteistossa ei ole ylivaihteita. Vaihteiston välityssuhteet vaihtelevat välillä 1,00-12,73 vaihteesta riippuen. Peruutusvaihteen välityssuhde on 12,04. Näillä välityssuhteilla vaihteiston ulostuloakselin teoreettinen maksimi vääntömomentti on jopa 14003 Nm. Kun otetaan huomioon kohdeautossa käytetyn moottorin maksimivääntömomentti, niin suurimmaksi ulostulovääntömomentiksi saadaan $12,73 \cdot 925Nm \approx 11800Nm$. Kuvassa 2 näkyy ZF ECOMID-vaihteisto ilman lisävarustusta. Kyseisen vaihteiston massa ajokuntoisena on 190 kg. [5, s.1; 10.]



KUVA 2. ZF ECOMID –vaihteisto [9.]

3.2.2 Lisävarusteet

Käytetyssä vaihteistossa on siis lisävalintaisia varusteita, jotka asiakas on voinut osto-tilanteessa halutessaan valita. Tämän auton vaihteistossa on lisävarusteena voiman ulosottomahdollisuus autoon asennettavia lisälaitteita varten. Sen käytön ohjaus on mahdollista myös kytkinpolkimen välityksellä. Kun kytkinpolkin on painettuna pohjaan, voiman ulosottoakseli lakkaa pyörimästä. Kohdeautossa on käytössä vaihteiston voiman ulosoton avulla käytettävä hydrauliikkapumppu kuormausnosturia varten.

Ulosottoakselin suurin vääntömomentti on 800 Nm pyörimisnopeudella $1500 \frac{1}{\text{min}}$.

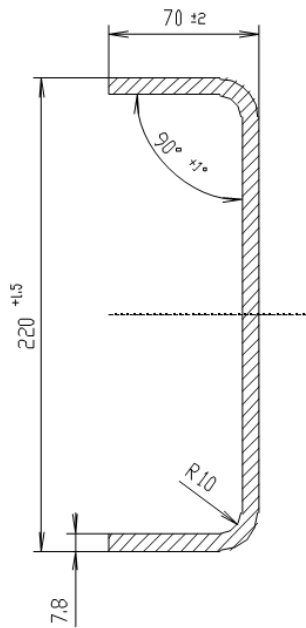
[9, 13.]

3.3 Alusta ja runkorakenne

Kohdeautossa oleva alustan jousitus on toteutettu edessä ja takana akselien yläpuolisilla, kolmilehtisillä parabolisilla lehtijousilla. Niiden lisänä on heilahduksen vaimentimet ja poikittaiset kallistuksenvakaajat sekä pitkittäiset tukivarret. Etu- ja taka-akselit ovat napavälitteiset ja jarrut paineilmatehosteiset. Edessä ja takana on rumpujarrut. Renkaat ovat maastokuvioituneita, kokoa 365/80 R 20. Auton maavara päällirakenteen ja lisävarusteiden asentamisen jälkeen matalimmalta kohdalta on hieman alle 53 cm, joka on lain mukainen yläraja alleajosuojan korkeudelle. Alleajosuojat asennettiin maksimikorkeudelle mahdollisimman suuren maavaran tavoittelemiseksi.

MAN käyttää valmistamiensa raskaankaluston ajoneuvojensa tunnistenumeroinnissa yhtenäistä periaatetta. Tunnistenumero eli VIN-koodi koostuu kaikkiaan 17 merkistä. Kohdeauto on tunnistenumroltaan WMAN37ZZ9AY*****. Tunnistenumeron merkit paikoilla yhdestä kolmeen eli kirjaimet WMA merkitsevät valmistajan maatumusta. Se ilmaisee suunnittelijan, rakentajan ja myyjän. Kohdeauton on valmistanut MAN Nutzfahrzeuge AG. Merkit paikoilla 4 - 6 ovat tyyppiavain eli kyseessä on N37-sarjan MAN TGM. Merkkipaikat 7 - 8 ovat täytemerkkejä ZZ ja niillä ei ole merkitystä nykyisessä tunnistenumeroinnissa. Seuraava eli yhdeksäs merkki on tärkein koko tunnistenumerossa. Se on tarkistusmerkki, jonka avulla voidaan havaita tunnistenumerossa olevat kirjoitusvirheet. Sillä ei ole merkitystä esimerkiksi huolto-organisaatiolle. Kymmenes merkki eli kirjain A tarkoittaa mallivuoden tunnusta; kohdeauto on valmistettu aikavälillä 1.7.2009 – 30.6.2010. Tunnistenumeron 11. merkki kertoo valmistuslinjan tunnuksen, ja kirjain Y tarkoittaa MAN:n kuorma-autotehdasta Steyrissa Itävallassa. Loput kuusi numeroa eli merkkipaikat 12 - 17 ovat juokseva järjestysnumero valmistuslinjan mukaisesti. Se on täysin riippumaton valmistetun ajoneuvon mallista ja se annetaan ajoneuvoille siinä järjestyksessä, kun ne valmistuvat linjalta. Sen vuoksi se ilmoitetaan aina valmistuslinjan yhteydessä. Tässä yhteydessä järjestysnumero ei ole merkittävä tieto, joten yksityisyyssuojan vuoksi jätän sen kertomatta. [4, s.11-15.]

MAN TGM 13.240 4x4 –ajoneuvon runkorakenne on tyypiltään erillisrunkoinen. Perusrunko koostuu kahdesta 70 mm leveästä U-profiilipalkista, joiden ainevahvuus on 7,8 mm ja kokonaispituus 6695 millimetriä. Rungon materiaali on S420MC –rakennerästä. Kuvassa 3 nähdään enemmän mittoja sekä runkopalkin poikkileikkauskuva. Runkorakenteen leveys edessä on 950 mm ja takana 850 mm. Jotta runko olisi vääntöjäykkä ja korille aiheutuva kuormitus alhainen, pääpalkit on yhdistetty keskenään putkimaisilla poikkipalkeilla. Runkorakenteessa on avonainen etupääty, joka mahdollistaa suuren jäähdyttimen asentamisen auton keulalle. [4, s.40-41; 11 s.29.]



KUVA 3. Runkorakenteen poikkileikkaus [7.]

4 PÄÄLLIRAKENTEEN VARUSTELU JA VAATIMUKSET

Päällirakenne tarkoittaa kuorma-auton varsinaisen runkorakenteen päälle rakennettavaa kokonaisuutta, joka mahdollistaa auton käytön siihen käyttötarkoitukseen, johon se on hankittu. Päällirakenne valmistetaan lähes aina asiakkaan tilauksesta, joten auton valmistava tehdas ei useinkaan valmista itse päällirakenteita. Tässäkin tapauksessa päällirakenne ja muut ajoneuvoon asennettavat lisävarusteet valmistetaan ja asennetaan yksityiskohtaisesti tilaajan toiveiden mukaisesti.

4.1 Tilaajan vaatimukset

Päällirakenteen valmistuksen ja asennuksen tilaaja Suur-Savon Sähkötyö Oy on asettanut päällirakenteelle tiettyjä vaatimuksia. Pääosin halutut ominaisuudet liittyvät päällirakenteen varusteluun, mutta työhön kuuluu myös ajoneuvon vakiovarustuksen täydentäminen. Koska autoa on tarkoitus käyttää erittäin vaikeakulkuisessakin maastossa, autoon on tehtävä joitakin muutoksia maastokelpoisuuden kasvattamiseksi. Seuraavissa luvuissa kerron, millaisia toiveita työn tilaaja on esittänyt ja miten ne on huomioitu päällirakenteen valmistuksessa ja ajoneuvon varustelussa.

4.1.1 Lavarakenteen vaatimukset

Kaksikerroslavan ulkomitat ilman ohjaamosuojaa ja takapäätyä täytyy olla noin 3460mm x 2480mm x 725mm. Lavan sisäpohjan materiaalina käytetään alumiininystyrälevyä eli niin sanottua turkkipeltiä. Ensimmäiseen kerrokseen valmistetaan alumiinista laatikostot nylonliukukiskoilla. Oikeanpuoleiseen alempaan alumiiniluukkuun asennetaan ruuvipuristin ja lavarakenteen alaosaan asennetaan yksi halkaisijaltaan 110 mm muoviputki oksasahan varsia varten. Samasta materiaalista valmistetaan oksasahan jatkovarsia varten teline, joka asennetaan ensimmäiseen kerrokseen oikeaan etuosaan. Vasemmalle puolelle lavan alle, takarenkaan etupuolelle asennetaan lukittava teräslaatikko moottorisahan säilytystä varten. Sen etupuolelle asennetaan lämmitetty ja lukittava laatikko työvaatteiden kuivatusta varten. [16.]

Jotta lavalle nouseminen on helppoa, lavan etuosaan molemmille puolille valmistetaan rappuset kiinnipitokaiteella varustettuna. Lain mukaiset kuormansidontalenkit kiinnitetään määrätyille etäisyyksille lavan sisäreunoista. Myös lenkkien lukumäärä ja niiden välinen keskinäinen etäisyys on lain sanelema. Myös ohjaamosuojan ja takapään yläreunoihin valmistetaan metallilenkit kuormansidontaa varten. Molempien päätyjen päälle on tarkoitus tehdä hammastettu osa puisten puhelinpylväiden kuljetusta varten. Metallisia pylväitä varten tehdään toiselle puolelle kumipäällysteinen osa sidontalenkeillä. [16.]

4.1.2 Vakiovarustuksen täydentäminen

Kohdeauton vakiovarustusta on tarkoitus parantaa käyttötarkoitusta vastaavaksi. Koska autolla tehdään sähkötöihin liittyviä töitä, siihen on asennettava muun muassa työvaloja ja tarvittavat huomio- ja varoitusvalot. Ohjaamon katolle asennetaan majakka-paneeli, jonka kokonaisleveys on 1200 millimetriä. Pimeässä työskentelyä helpottamaan asennetaan kolme kappaletta Nordicin valmistamia työvaloja. Niistä kaksi suunnataan antamaan valoa lavalle päin. Asennuspaikkana tulee olemaan ohjaamosuojan yläosa. Yksi työvalo asennetaan aivan auton takaosaan helpottamaan perävaunun kytkemistä ja muuta työskentelyä pimeässä. Tyypiltään valot ovat H3-halogeenivaloja. [16.]

Kohdeautolla täytyy vetää myös kevyitä perävaunuja, joten sitä tarkoitusta varten autoon valmistetaan vetolaite. Vetokuula on halkaisijaltaan standardin mukainen 50 millimetriä. Kuulan yläpinta tulee sijaita noin 53 cm maanpinnan yläpuolella. Lisäksi autolla vedetään suuria kaapelikeloja, joiden vetopää sopii tavalliseen raskaankaluston vetokitaan. Jotta nämä kaksi erilaista vetolaitetta voidaan käyttää samassa autossa, täytyy kevyelle vetolaitteelle valmistaa erillinen sovitekappale. Kuorma-autoissa on yleensä 24 V sähköjärjestelmä, joten henkilöauton perävaunun sähköjärjestelmälle täytyy järjestää 12 V jännite. Sitä varten auton perään asennetaan muuntaja, joka laskee käyttöjännitteen 12 volttiin. Lisäksi auton hyttiin asennetaan myös yksi ylimääräinen 12 V tupakansytytinliitäntä. [16.]

Vakiovarustusta täydennetään muovisilla Parlok-merkkisillä lokasuojilla, joita varten tehdään kiinnikkeet apurunkoon. Kiinnitys tapahtuu Parlokin omalla kiinnityssarjalla. Lokasuojat asennetaan vain takapyörille. Niiden jatkeeksi tulevat joustavasta kumista valmistetut roiskeläpät estämään ajoneuvon likaantumista. Keulalle asennetaan Warn 12-sarjan sähkötoiminen vinssi. Auton varustukseen lisätään ainakin kattotuuletin ja mekaanisesti käytettävä hakuvalo katolle. Edellä mainittujen käyttökytkinten lisäksi ohjauslaitteet asennetaan myös kattotuulettimille, haku- ja työvaloille, lämpökaapin tuulettimelle ja valomajakalle. [14, s.1.]

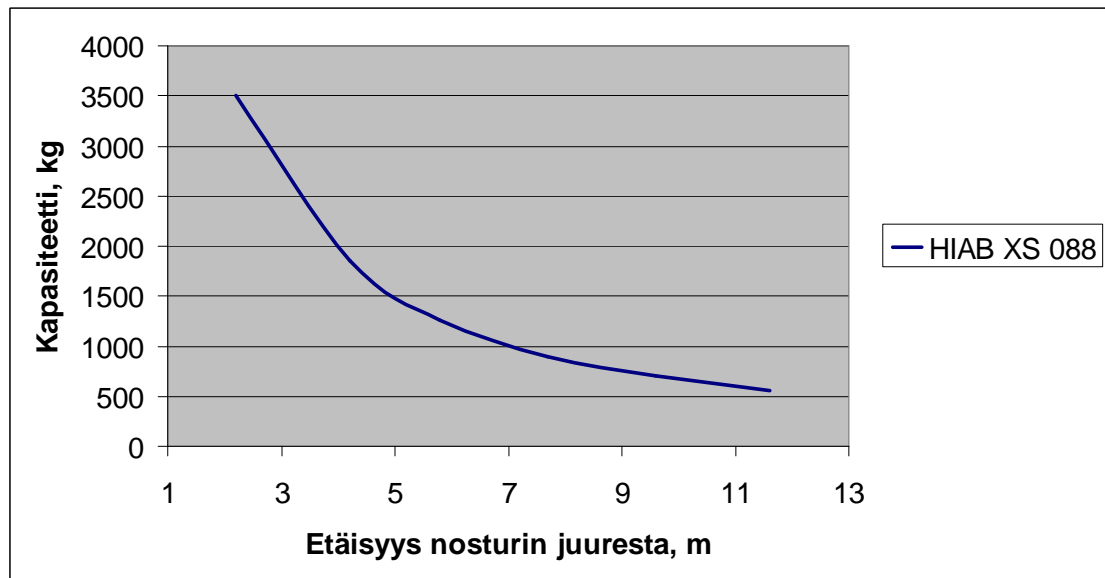
4.2 HIAB XS 088 -kuormausnosturi

MAN TGM varustetaan taakse kiinteästi asennettavalla kuormausnosturilla. Asiakkaan käyttötarkoitukseen optimaalinen valinta on HIAB:n valmistama XS 088 –sarjan kuormausnosturi. Se kuuluu kahdeksan tonnimetrin kapasiteettiluokkaan. Tonnimetrielukema ilmaisee nosturin suurimman nostokapasiteetin tietyltä etäisyydeltä. Asennettavalla nosturilla voidaan siis nostaa esimerkiksi kahdeksansataa kiloa kymmenen metrin etäisyydeltä nosturin juuresta. [14, s.1.]

4.2.1 Tekniset tiedot

Kuormausnosturin tarkka mallimerkintä on HIAB XS 088 E-4 HiDuo. Sen suurin nostokyky on vääntömomenttina mitattuna 77 kNm. Se on suurin sallittu vääntömomentti, joka saa kohdistua puomin juureen millä tahansa nostettavalla massalla miltä tahansa

etäisyydeltä. Kyseisessä nosturissa ei ole mekaanisia jatkeita vaan ainoastaan hydrauliset jatkot. Siten maksimiulottuvuus on 11,6 metriä. Kuten kuvasta 4 voidaan todeta, siltä etäisyydeltä pystytään nostamaan vielä 560 kg. Siinä on kuvattu nostokapasiteetti etäisyyden funktiona. Etäisyydellä tarkoitetaan sitä matkaa, joka on nosturin kääntökehän keskipisteestä nostokoukun keskikohtaan.

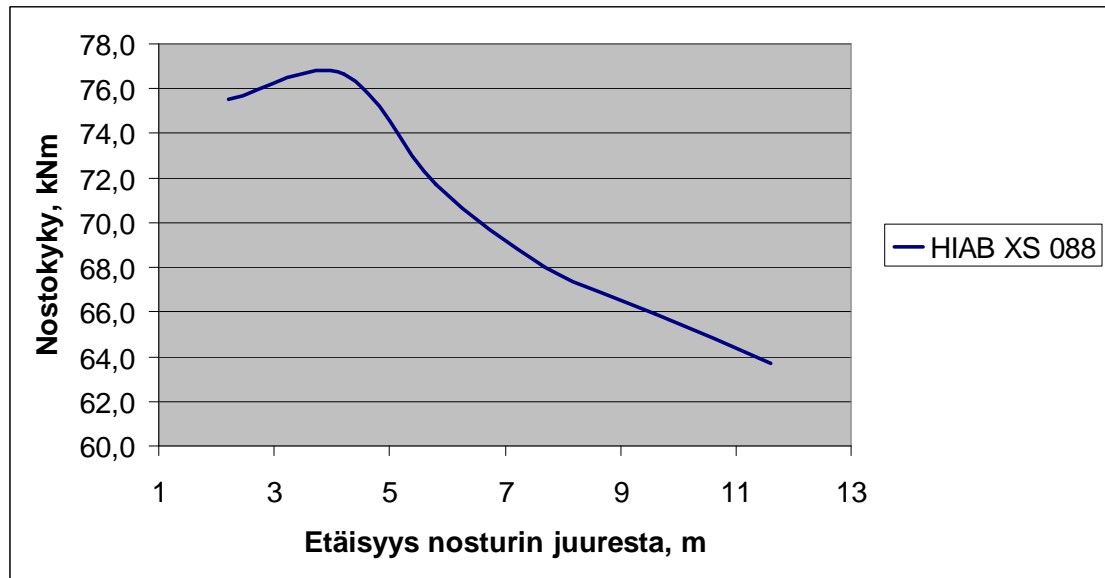


KUVA 4. Kuormausnosturin nostokapasiteetti

Asennettavan nosturin puomin kääntökulma on teoriassa 406 astetta. Koska auton ohjaamon korkeus rajoittaa kuormausnosturin kääntökulmaa puomin täydellä pituudella, todellinen kääntökulma noin 320 astetta. Käytettäessä nosturia ilman jatkeita, ohjaamon rakenne ei ole edessä, jolloin kääntökulma on valmistajan ilmoittama 406 astetta. [15, s.2.]

Kuormausnosturilla on leveyttä kuljetusasennossa 2300 millimetriä ja korkeutta 2000 millimetriä. Näiden mittojen lisäksi nosturi tarvitsee asennustilaa auton pituussuunnassa 660 mm. Sen massa käyttökuntoisena on 1260 kg. Kohdeautossa on lisäksi edessä ja takana tukijalat. Taakse asennettavat tukijalat kuuluvat nosturin vakiovarustukseen ja niiden massa on 205 kg. Ohjaamosuojan alapuolelle asennetaan vastaavanlaiset hydraulisesti käytettävät tukijalat. Myös takatukijalat voidaan laskea maahan hydraulisesti, mutta niiden levittäminen ja ajokuntoon taittaminen tapahtuu käyttäjän toimesta mekaanisesti. [15, s.2.]

Kuva 5 esittää aiemmin mainitsemani kuormausnosturin nostokyvyn nostoetäisyyden funktiona. Käytännössä suurin vääntömomentti saavutetaan nostettaessa noin 4,2 metrin etäisyydeltä 1860 kg.



KUVA 5. Kuormausnosturin nostokyky

4.2.2 HiDuo-ohjausjärjestelmä

HIAB:n kehittämän HiDuo-ohjausjärjestelmän perustana on V80-ohjausventtiili-tekniikka, joka on avoimen keskiasennon venttiili. Se mahdollistaa rauhalliset ja tarkat nosturin liikkeet. HiDuo-järjestelmään kuuluu XSDrive-kaukohallintalaite, jolla käytöetäisyys kasvaa suuremmaksi esimerkiksi käytettäessä henkilönostokoria. Järjestelmän avulla voidaan tarkkailla nosto- ja siirtopuomien kuormitusta LED-valojen avulla. Turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä on nimeltään SPACE 4000, joka säätelee nosturin sähkötoimintoja. Muun muassa ylikuormitussuoja kuuluu HiDuon vakiovarustukseen. Huoltoa helpottaviin ominaisuuksiin kuuluvat vikakoodien ilmaisin ja nosturin käyttöhistorian tallennus. [14, s.2-3.]

4.3 Warn-sähkövinssi

Kohdeautoon asennetaan keulalle elektronisesti toimiva vinssi. Warnin valmistama 12-sarjan vinssin maksimivetokyky on noin 53 kN. Se saavutetaan vain ensimmäisellä vaijerikierroksella. Syynä siihen on useammilla vaijerikierroksilla kasvava vääntö-

momentti kasvavan vinssirummun halkaisijan vuoksi. Vinssi on toiminnaltaan hydraulinen, mutta käyttö tapahtuu sähköisesti. Käyttömoottori on koteloituna vinssin kylkeen. Se käyttää kaksivaiheisesti toimivaa planeettapyörästä. Kyseinen vinssi on suunniteltu raskaaseen käyttöön ja se on siksi varustettu tehokkaalla levyjarrulla ja teräksestä valmistetulla rummulla. Vinssin välityssuhde on 36:1. Ajoneuvon ohjaamoon asennetaan vinssin käyttökytkin. Vakiovarustukseen ei kuulu vaijeria. Koska kohdeautoa käytetään vaativassa maastoajossa, vinssi on varustettava vetokyvyltään suurimmalla mahdollisella vaijerilla. Valmistajan ohjeiden mukaan suurin sallittu vaijerin halkaisija on 13 millimetriä. Vaijerikapasiteetti on noin 32 metriä kyseisellä vaijerilla. Vinssin massa toimintakuntoisena on 39 kg. [12, s.1.]

5 PÄÄLLIRAKENTEEEN VALMISTUS

Päällirakenteen valmistus alkaa asiakkaan tarpeiden kartoittamisella. Kuten jo aiemmin mainitsin, päällirakenne valmistetaan ja suunnitellaan asiakkaan toiveet huomioon. Kun kaikki tarvittavat muuttujat on otettu huomioon, voidaan siirtyä suunnittelu- vaiheeseen. Eri valmistusvaiheissa on muistettava seuraavien vaiheiden vaatimukset asennustilan suhteen. Tämä siksi, ettei edellinen rakenne estä tai vaikeuta olennaisesti seuraavan vaiheen rakentamista.

5.1 Suunnittelu

Ajoneuvoa, johon päällirakenne valmistetaan, on tarkoitus käyttää Suur-Savon Sähkötyö Oy:n niin sanottuna työryhmäautona. Käytännössä se tarkoittaa, että autoon mahtuu kuljettajan lisäksi kaksi matkustajaa. Tärkeimpiä huomion kohteita suunnittelussa ovat mahdollisen kuormausnosturin sijainti ajoneuvon alustaan nähden, lavarakenteen koko ja kerrosten määrä. Muun muassa kohdeautoon kiinnitettävät laatikostot muuttavat päällirakenteen perusrunkoa siten, että samoja piirustuksia ei voida käyttää, mikäli laatikostot eivät kuulu varusteluun. Kuormausnosturin sijainti määrää vastakkaiseen päättyyn hieman järeämmät kerroslavan putkipalkit lavalla kuljetettavan taakan vuoksi. Yleensä nostettava esine sijoitetaan nosturin juuren vastakkaiseen päättyyn.

Yksi osa-alue suunnittelussa on valmistajan puolelta valmiin tuotteen hinnoittelu. Loppullisen tuotteen hinta koostuu käytettyjen raaka-aineiden, lisävarusteiden, pientarvikkeiden, suunnittelun ja työveloituksen summasta. Suurin niistä on työveloituksen osuus. Siihen kuuluvat kaikki valmistus-, asennus-, lujuuslaskenta, ja suunnittelutyöt. Yleensä raaka-aineiden hinta kasvaa suhteessa materiaalin vahvuuteen. Sen vuoksi materiaalien seinämävahvuudet pyritään optimoimaan sopiviksi ja tarkoituksellista ylimitoitusta pyritään välttämään.

5.2 Valmistusprosessi

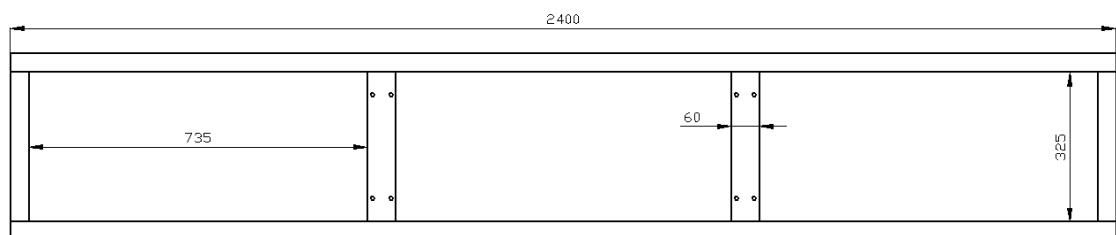
Varsinainen päällirakenteen valmistusprosessi koostuu useasta eri kokonaisuudesta. Ne tukeutuvat läheisesti toisiinsa ja etenevät kumulatiivisesti. Toisin sanoen edellinen vaihe on edellytys seuraavalle vaiheelle. Prosessissa on otettava useita seikkoja huomioon, jotta lopputulos on molempien osapuolten mieleinen ja sovittu aikataulu pitää. Päällirakentamisen yksi tärkeimpiä työmenetelmiä on hitsaaminen. Se vaatii tarkkuutta ja ennen kaikkea asiantuntemusta. Hitsattaessa on tiedettävä osien oikea hitsausjärjestys niin sanotun vetelyn välttämiseksi. Se tarkoittaa suurten lämpövaihtelujen alaisen metallin tahatonta taipumista ja vääntymistä. Mikäli sitä tapahtuu, tuotteesta ei tule halutunlainen eikä laadukas. Oikealla hitsausjärjestyksellä ja –menetelmällä voidaan tehokkaasti ehkäistä hitsausvetelyn aiheuttamat pysyvät muodonmuutokset.

5.2.1 Lavarakenteen perusrunko

Koko päällirakenteen valmistus alkaa sen perusrungon (myöhemmin myös apurunko) valmistamisesta. Lähes aina päällirakenteen valmistuksessa sen rakenne kiinnitetään pelkästään ajoneuvon runkopalkkeihin. Niin tehdään myös tässä tapauksessa. Apurungon pääpalkit ovat S355-rakenneteräksestä valmistettua putkipalkkia ja mitoiltaan 4570 mm x 80 mm x 80 mm. Ainevahvuus on 8 millimetriä. Kahden edellä mainitun putkipalkin sivuihin hitsataan riittävä määrä kiinnikelevyjä. Kuljettajan puolelle tulevan ensimmäisen kiinnikelevyn vuoksi akkukoteloja joudutaan siirtämään taaksepäin 300 millimetriä. Jotta akkukotelo olisi edelleen samalla etäisyydellä rungosta, sen kiinnikelevyn alle laitetaan 8 mm paksu aluslevy. Apurungon kiinnikelevyt kiinnitetään pulttiliitoksin kuorma-auton runkorakenteeseen siten, että apurungon pääpalkit ovat auton oman runkorakenteen päällä. Koska apurunko tulee erittäin lähelle auton

ohjaamoa, putkipalkkien päät eivät ole suorat. Ne on leikattu noin 45 asteen kulmaan, jotta ohjaamon ja perusrungon väliin jää riittävästi tilaa ohjaamon kippaamiselle. Molempiin putkipalkkien päihin leikataan sopivan kokoiset päätylevyt, joiden reunat jätetään auki. Kyseinen menettely on tarpeen myöhempää sinkitysvaihetta silmällä pitäen. Pääpalkkien mitta- ja asennustarkkuus on oltava hyvä, koska niiden varaan rakentuu koko päällirakenne.

Palkkien asentamisen ja kiinnittämisen jälkeen edetään seuraavaan vaiheeseen. Lavarakenteen pohjaprofiili valmistetaan poikittaisista putkipalkeista. Ohjaamon puoleinen alapalkki on mitoiltaan 2360 mm x 120 mm x 60 mm x 5 mm. Vastaavat taaemmat poikittaiset tukipalkit ovat poikkileikkausmitoiltaan 40 mm x 60 mm x 3 mm. Koero perustuu aiemmin mainitsemaani kuorman aiheuttamaan rasitukseen. Jotta lava olisi tarpeeksi tukeva kantavuudelle, poikittaisia tukipalkkeja on yhteensä 14 kappaletta seitsemässä rivissä ja kahdessa kerroksessa. Kerrosten väliin valmistetaan 60 mm x 8 mm raudasta pystytuet. Jokaiseen poikittaiseen tukipalkkiin pystytukia hitsataan kaksi kappaletta. Tukia ei hitsata aivan keskelle poikittaispalkkeja, vaan pystytuen toinen reuna on keskellä palkkia. Sillä tavoin helpotetaan huomattavasti tulevien pohjavanerien leikkaamista ja asennusta. Kerrosten välinen keskinäinen etäisyys on tässä vaiheessa 325 millimetriä. Kuva 6 täsmentää poikittaista tukipalkkia, jossa näkyvät poikittais- ja pystytuet. Reunimmaisiet pystytuet ovat 40 mm x 40 mm U-profiilia.



KUVA 6. Poikittaisten tukipalkkien havaintokuva

Poikittaisten tukipalkkien päihin hitsataan pitkittäiset palkit vaakatasoon molemmille puolille, kumpaankin kerrokseen. Niiden tarkoituksena on yhdistää kaikki saman kerroksen poikittaiset tukipalkit keskenään. Pitkittäisten palkkien molempiin päihin kiinnitetään 790 millimetriä korkea pystytuenta. Ne toimivat myös kiinnityspisteinä ohjaamosuojalle ja takapäädylle. Vasemmalle puolelle akkukotelon taakse tehdään alemman pitkittäiseen palkkiin kiinnityskohta lämpökaapille. Lämpökaappi on 340 millimetriä leveä, joten sille jätetään tilaa 345 mm. Lisäksi palkkeihin hitsataan neljä kap-

paletta rautoja, mitoiltaan 770 mm x 80 mm, joihin porataan reiät kiinnitystä varten. Kuvasta 7 selviää paremmin apurungon rakenne, kun kaikki poikittaiset ja pitkittäiset palkit sekä pystytuet ovat paikoillaan. Taustalla näkyy osa takapäätä, josta kerron tarkemmin seuraavassa luvussa.



KUVA 7. Apurungon havaintokuva

Kun kaikki edellä mainitut rakenteet on saatu koottua yhteen, lavarungon perusta on valmis. Nyt ollaan vaiheessa, josta on nähtävillä päällirakenteen ulottuvuudet eli lavan maksimi pituus ja leveys sekä kuormausnosturin vaatima asennustila lavan takana. Tämän rakennusvaiheen jälkeen päällirakenne laajenee ainoastaan ylöspäin.

5.2.2 Ohjaamosuoja, takapäätty ja alleajosuojat

Yleisesti kuorma-auton päällirakenteeseen kuuluvat keskeisesti ohjaamosuoja ja alleajosuojat. Kohdeauton tapauksessa siihen kuuluu myös takapäätty. Ohjaamosuoja nimensä mukaisesti suojaa ohjaamoa kolari- ja jarrutustilanteissa lavan suunnasta kohdistuvilta iskuilta. Koska ajoneuvolla on tarkoitus kuljettaa myös irtotavaraa, ohjaamosuojan on oltava lain vaatimuksesta vähintään ohjaamon korkuinen ja kuormatilan levyinen. Edellisessä kappaleessa mainitsin, että pystytuet ovat pohjana tulevalle

ohjaamosuojalle ja takapäädylle. Niiden perustana on kaksi putkipalkkia, joiden mitat ovat 790 mm x 60 mm x 60 mm. Ainevahvuudeltaan palkit ovat 3 millimetriä. Päätyjen sivut koostuvat kahdesta em. kokoisesta putkipalkista. Uloimmat palkit hitsataan siten, että ne ovat kallistettuna viisi astetta sisäänpäin. Kallistus on tarpeellinen, koska muutoin ohjaamosuojan yläosa jäisi liiaksi ulos muusta korirakenteesta. Sama asennustapa koskee myös takapäättyä. Päädyt vahvistetaan keskeltä kahdella putkipalkilla, jotka ovat poikkileikkausmitoiltaan 60 mm x 40 mm.

Ohjaamosuojan lisäosan korkeus on noin 1280 mm ja takapäädyn korkeus on noin 830 mm. Kokoeron johdosta kohdeautolla voidaan kuljettaa myös pylväitä tai muita pitkiä esineitä. Pusia puhelinpylväitä varten ohjaamosuojan ja takapäädyn yläpintoihin leikataan 40 mm x 4 mm raudasta sahalaita, jotta pylväät eivät luistaisi kuljetuksen aikana. Metallisia pylväitä varten valmistetaan erilliset telineet, joiden pintaan on niitattu pitävä kumipinnoite. Kyseisiä telineitä on yksi kumpaankin pätyyn. Ne voidaan poistaa käytöstä nopeasti kääntämällä ne ala-asentoon. Koukut pitävät telineet paikoillaan, kun niitä ei käytetä. Pylväiden kuljetus huomioiden päätyjen sivutuet tehdään noin 230 mm muun rakenteen yli, jotta mutkaan ajettaessa pylväät pysyvät varmasti kyydissä. Koska asiakkaan ajoneuvohallin oviaukko on hieman korkeampi kuin kohdeauto, ohjaamosuojan jatkeista täytyy tehdä irrotettavat, jotta ajoneuvo mahtuisi halliin sisälle. Ohjaamosuojan tyhjät kohdat täytetään teräsverkolla, jotta lavalta ei lentäisi mitään ohjaamoa vaurioittavia esineitä.

Kuorma-autossa olevien alleajosuojien tarkoituksena on estää henkilöautojen ja esimerkiksi polkupyöräilijöiden tahaton joutuminen ajoneuvon alle. Pääosin alleajosuojat valmistetaan valmiista alumiiniprofiilista leikkaamalla sopivan mittaiset kiskot. Ne pultataan kiinni niitä varten valmistettuihin kiinnikkeisiin. Molemmilla sivuilla heti ohjaamon jälkeen alleajosuojana toimivat rappuset. Heti niiden jälkeen alkavat varsinaiset alumiiniprofiilit, joita on kaksi päällekkäin. Kuljettajan puolella ylempi kisko päättyy lämpölaatikkoon. Alempi kisko on täysimittainen alkaen rappusista ja päättyen takarenkään etupuolelle. Kiinnikeraudat kiinnitetään moottorisahan säilytyslaatikkoon pulttaamalla. Oikeanpuoleiset alleajosuojat ovat samanmittaiset ja ne ulottuvat rappusista takarenkään etupuolelle. Taaempi kiinnityskohta on valmistettu jatkamalla polttoainetankin valmista kiinnikettä.

Kohdeauton takaosa on tehdasvarusteisena liian korkealla, joten takaosaankin on valmistettava erillinen alleajosuojaja. Sen vuoksi takaosan poikittaispalkkia on laskettava alaspäin 335 mm. Molemmille sivuille valmistetaan 8 mm S355-teräslevystä aihiot, joiden avulla peräosa voidaan laskea halutulle tasolle. Aihioden alaosaan leikataan reiät, joihin alleajosuojaja asennetaan. Sen leveys on noin taka-akselin raideleveyden suuruinen. Alleajosuojan takapuolelle siirretään auton alkuperäinen takapalkki. Alkuperäisen tilalle taivutetaan levystä vastaavanlainen palkki. Siihen porataan 20 mm reiät vetolaitteen kiinnitystä varten. Kaikki alleajosuojat ovat kiinnitetty pulttiliitoksia ja siten säädettävissä ja irrotettavissa. Irrottaminen on oltava mahdollista esimerkiksi huoltojen helpottamiseksi. Lisäksi suojat ovat helposti vaihdettavissa uuteen mahdollisten vaurioiden jälkeen.

Samoihin aihioihin, jolla takapalkki lasketaan alemmas, valmistetaan kuormausnosturin tuentapisteet. Niitä on yhteensä neljä kappaletta ja ne koostuvat kahdesta osasta. Sisempi osa on ainevahvuudeltaan kymmenen millimetristä lattarautaa, jonka ulkopintaan hitsataan sisähalkaisijaltaan 32 mm putki. Putken pituus on 260 mm, ainevahvuus 6,5 mm ja ulkohalkaisija 45 mm. Takimmaisista tuentakappaleista hitsataan 105 mm auton takimmaisen osan etupuolelle. Kappaleiden välinen etäisyys on 450 mm. Siten kuormausnosturin asennukseen tarvittava leveys on 540 mm. Jotta nosturin asennus on helppoa, päällirakenteen apurunkoon hitsataan tangosta kohdistustapit.

5.2.3 Vinssiteline, rappuset ja vetokoukku

Ajoneuvon keulalle asennettavalle sähkövinssille valmistetaan erillinen teline. Koska vinssin vetokyky on 53 kN, teline on valmistettava ainevahvuudeltaan 12 millimetristä teräksestä. Vinssiteline kiinnitetään keulassa oleviin kahteen poikittaiseen putkeen hitsaamalla. Lisäksi alempaan palkkiin hitsataan lisävahvikkeet samasta materiaalista. Lisävahvike yhdistää kiinnityspotket toisiinsa. Ylempi kiinnityspotki on ajoneuvon perusrungon etummaisista poikittaistuki ja sen vuoksi erinomainen kiinnityspiste. Kohdeautoon ei tehdasvarusteisesta vinssiä haluttu, joten muoviseen etupuskuriin leikataan aukko vinssiä varten. Telineen leveys on 480 mm ja korkeutta sillä on 510 mm. Vinssi kiinnitetään telineeseen pohjastaan kuudella M16-pultilla.

Kohdeauton molemmille sivuille valmistetaan rappuset lavalle nousemisen helpottamiseksi. Asennuspaikka on heti ohjaamon jälkeen ennen lavarakennetta. Rappusten runkomateriaali on jälleen S355-rakenneterästä. Ainevahvuus kahdeksan millimetriä ja rungon syvyys 60 mm. Ohjaamon kohdalle rappusten runko-osaan tehdään tarvittavan etäisyyden varmistamiseksi 45 asteen kulma. Alaosastaan askelmien leveys on 220 mm ja ylempänä 170 mm. Askelmat leikataan valmiista 50 mm x 50 mm - kulmaprofiilista. Profiilien astinpinnoille hitsataan teräsverkosta karheat pinnat, jotta rappuset eivät ole liukkaat talvellakaan. Jotta lavalle nouseminen on turvallisempaa, ohjaamon puolelle rappusiin hitsataan tartuntakaide halkaisijaltaan 20 mm putkesta. Putkea taivutetaan sisäänpäin tarvittavat 5 astetta, samalla tavalla kuin ohjaamosuojaakin. Yläosan kiinnitys tapahtuu M10-pulttiliitoksella ohjaamosuojan yläosaan. Lisäksi ohjaamosuojaan taivutetaan kädensija samasta putkesta kuin tartuntakaide, kiinnitys hitsaamalla. Kuva 8 on vasemmalta puolelta ajoneuvoa ja siinä näkyy osa lavarunkoa, alumiiniset säilytyslaatikot sekä osa rappusia.



KUVA 8. Rappuset ja lavarunko

Asiakas on tilannut kohdeautoon erillisen, irrotettavan vetokoukun henkilöauton perävaunun hinaamista ajatellen. Sen vuoksi kohdeautoon rakennetaan adapteri, jonka avulla vetokuula saadaan halutulle korkeudelle. Tavoite on, että vetokuulan keskikohda on 53 cm korkeudella, kun päällirakenne on asennettuna kokonaisuudessaan. Adap-

teri on tarpeellinen, koska kohdeautolla on pystyttävä vetämään myös raskaankaluston perävaunuja, kuten kaapelikeloja. Adapterin päätylevy on 100 mm leveää levyä ja takaosa 50 mm leveää, ainevahvuudeltaan pääty on 10 mm ja takaosa 8 mm. Niiden väliin hitsataan ainevahvuudeltaan 6 mm:n raudasta 80 millimetriä leveät palat, joihin porataan reiät kiinnitystapeille. Koska alempi vetokytkin on suurempi, joudutaan adapterin profiilia taivuttamaan ulospäin autosta. Taivuttaminen tapahtuu hydraulisella prässillä ja erillisillä taivutusmuoteilla ja -levyillä. Auton alkuperäinen vetotappi kiinnitetään ylemmän takapalkkiin ja toinen ohjaintappi kiinnitetään alkuperäiseen, alemmaksi siirrettyyn takapalkkiin. Liitokset ovat M20-pulttiliitoksia, joita on yhteensä kahdeksan kappaletta. Sillä tavoin vetokoukulle saadaan riittävät kiinnityspisteet. Kiinnitystapit lukitaan rengassokilla päistään. Adapterin ja kiinnityspisteiden täytyy kestää vähintään vetokuulan maksimivetokyky eli noin 35 kN vaakasuoraa vetoa. Levy, johon vetokuula kiinnitetään, on ainevahvuudeltaan 20 mm. Kuula on yleismallinen ja siihen on jysitty kierteet valmiiksi. Ylemmän kiinnitystapin halkaisija on 34 mm ja alemman 40 mm. Kiinnityspisteiden keskinäinen etäisyys on 335 mm. Viimeisenä hitsataan teräslenkki vetokoukun runkoon jarrullisen perävaunun hätäjarruvaijerin kiinnittämistä varten.

5.2.4 Laatikostot, luukut ja vanerointi

Kaksikerroslavan alempaan kerrokseen on tarkoitus valmistaa ja asentaa alumiinista erilliset laatikostot. Niiden valmistuksesta kerron hieman myöhemmin. Jotta laatikostot voidaan asentaa tukevasti päällirakenteeseen, lavarungon sisäpuolen reunoille hitsataan ohuesta lattaraudasta kiinnityspisteet. Ne hitsataan sekä ala- että yläkerrokseen. Vanereiden muotoon leikkaamista helpottaa aiemmin mainitsemani pystytukien sijoittelu. Näin joka toisen vanerin reuna on suora ja joka toisen reunaan on jysitty raot pystytuille. Alemman kerroksen kiinnityspisteisiin ruuvataan itseporautuvilla teräsruuveilla 12 mm paksusta vanerista lavan pohja. Vanerit kiinnitetään pääosin reunoistaan, mutta myös poikittaisiin tukipalkkien tehdään muutamia kiinnityskohtia. Keskimmäiset kiinnitysruuvit estävät muun muassa ilmankosteudesta johtuvat vanerien muodonmuutokset.

Kuvassa 7 näkyviin sisempiin pystytukiin pultataan pystysuuntaiset vanerit. Ne erottavat laatikostot toisistaan. Vaneroinnin päätarkoituksena on mahdollistaa laatikostojen

asentaminen, mutta myös tärkeänä tehtävänä niillä on estää lian ja pölyn pääseminen lavan alempaan kerrokseen. Alumiinilaatikoiden kiinnityskiskot ruuvataan uppokantaisilla teräsruuveilla suoraan vaneriin. Kiskoissa on valmiit reiät ruuveille, joka nopeuttaa työvaihetta olennaisesti. Kiskojen kiinnittäminen on tarkkaa työtä, koska mikäli kiskot eivät ole yhdensuuntaisia, laatikko ei liu’u kiskoilla jouhevasti ja käyttäminen on siten hankalaa.

Kohdeautoa on tarkoitus käyttää sähköalan työssä ja työkohteiden välittömässä läheisyydessä. Sen vuoksi siihen valmistetaan lavan alle laatikostot työkaluja, asennustarvikkeita ja muita tavaroita varten. Valmistusmateriaalina käytetään pääosin alumiinia ja laatikostot kootaan valmiista alumiiniprofiilista. Laatikoiden pohjat ovat ohutta teräslevyä. Niiden kokoaminen tapahtuu niittaamalla osat yhteen. Laatikoiden pohjaan niitataan lisäksi alumiinikisko, jonka pohjaan liitetään kiinnitysmassan avulla nylonkisko. Nylonpinta liukuu laatikoiden alla olevia alumiinikiskoja pitkin pitäen laatikot paikallaan. Nylon kestää hyvin kulutusta ja siten se sopii hyvin ko. tarkoitukseen. Tällaisen menetelmän hyvänä puolena on varma toimintaperiaate. Käytettäessä esimerkiksi laakereita nylonkiskoja sijaan, ulkoiset tekijät, kuten säävaihtelut ja lika heikentäisivät mekanismin toimintavarmuutta. Tavoitteena on saada mahdollisimman toimintavarma tuote. Kohdeautoon valmistetaan yhteensä yhdeksän alumiinilaatikkaa, joista kahdeksan on samanlaista. Niiden mitat ovat 1090 mm x 470 mm. Yksi kaapeampi laatikko on mitoiltaan 1190 mm x 330 mm. Se sijoitetaan oikealle puolelle, edestäpäin ensimmäiseksi. Kokoero johtuu laatikon vastakkaisella puolella olevasta vaatteiden kuivatuskaapista. Kaikkien alumiinilaatikoiden syvyys on 135 millimetriä.

Laatikoiden suojaksi ensimmäiseen kerrokseen ja lavan laidoiksi toiseen kerrokseen valmistetaan avattavat laidat. Ajoneuvon vasemmalle puolelle valmistetaan kaksi luukkua, joista etummainen on säilytystilan luukku. Toinen luukku kattaa muut alumiinilaatikostot. Luukkujen väliin jää kuivatuskaappi. Luukut ovat jälleen valmista alumiiniprofiilia. Se leikataan sopivan mittaisiksi paloiksi ja niiden päihin niitataan kulmaprofiilista päädyt. Kiinnitys autoon tapahtuu päällirakenteen pitkittäisiin palkkeihin hitsattuihin tappeihin. Luukkujen sivuille kiinnitetään kuusiokoloruuveilla valmiit kiinnikkeet, joiden toinen pää sopii hitsattuihin tappeihin. Kiinnityksen varmistamiseksi käytetään saksisokkia, yksi sokka luukun kumpaakin pätyyn. Oikealle puolelle laatikoiden suojaksi valmistetaan kaksi lähes samankokoista luukkua. Niiden

mitat ovat 345 mm x 1690 mm sekä 345 mm x 1610 mm. Molemmille sivuille lavan laidoiksi tulevat täyspitkät laidat. Luukkuihin kiinnitetään ketjusta liikkeenrajoittimet, jotka pitävät luukut vaakatasossa niiden ollessa auki. Sisäpuolen kiinnityksissä käytetään säädettävää holkkia, jotta hienosäätö on mahdollista. Luukun ollessa avattuna siitä tulee työtaso ja sen kautta voidaan myös nousta lavalle. Oikealle puolelle kiinnitetään ruuvipuristin aivan alemman luukun etureunaan. Jokaisen luukun reunaan kiinnitetään niittaamalla lukitusmekanismi eli laitalukot. Niiden avulla luukut ovat nopeasti avattavissa ja suljettavissa. Kuvassa 9 näkyy laatikostot, laita-profiili sekä ruuvipuristin.



KUVA 9. Lavan alla oleva laatikko ja ruuvipuristin

5.2.5 Muut osat ja perusrungon viimeistely

Tässä vaiheessa päällirakenteen pääosat on valmistettu ja jäljellä on joitakin pienempiä osakokonaisuuksia. Ennen pintakäsittelyä on muistettava asentaa vielä joukko yksittäisiä osia, niin sanottuja pisteosia. Sellaisia ovat muun muassa luukkujen lukintalaitteiden lenkit ja kuormansidontalenkit. Kuormauslenkkejä varten toisen kerroksen jokaiseen kulmaan hitsataan ainevahvuudeltaan kuuden millimetrin teräslevystä palat,

joihin kiinnitetään lavalle tulevat kiinnityslenkit. Yhden palan koko on noin 300 mm x 210 mm. Koska kuorman kiinnityspisteiden nimellislujouden on oltava vähintään 20 kN, levyt hitsataan suoraan lavan runkorakenteisiin. Kiinnityspisteitä on oltava riittävä määrä, ja loput kiinnityslenkit voidaan pultata poikittaisiin tukipalkkeihin läpipulteihin. Niille ei tarvitse valmistaa erillisiä kiinnityslevyjä.

Sivuille asennettujen luukkujen ja laitojen lukkojen salvoille täytyy valmistaa lukintalenkit. Ne taivutetaan 25 mm leveästä lattaraudasta käyttäen apuna sopivaa taivutusmuottia. Taivutussäde on noin 10 millimetriä. Lenkkien paikat on 275 mm luukkujen alapinnan yläpuolella. Jokaiselle lukintalaitteelle riittää yksi lenkki. Kuvassa 9 näkyy yksi lukituslenkki rappusten takapuolella.

Ohjaamosuojan yläosaan taivutetaan kiinnityslenkit halkaisijaltaan 20 mm tangosta. Ne hitsataan siten, että kuormansitomisliinat voidaan kiinnittää alhaaltapäin. Kyseiset kiinnityslenkit ovat tarpeelliset esimerkiksi pylväitä kuljetettaessa. Ohjaamosuojan alapalkkiin tullaan kiinnittämään hydraulisesti toimivat tukijalat. Ne kiinnitetään lavarakenteeseen pulttiliitoksien, joiden lujuusluokka on 12.9. Tukijaloille on tehtävä erilliset kiinnikekappaleet. Valmistusmateriaalina aiemmin käytetty rakenneteräs, ja ainevahvuus 12 mm. Ne hitsataan alimmaiseen etupalkkiin, jonka poikkileikkausmitat ovat 120 mm x 60 mm. Tukijalkojen kiinnityslaipassa on halkaisijaltaan 125 mm ohjauskartio, jolle jysytetään reikä kiinnikekappaleeseen. Kappale on muodoltaan sellainen, että se pystytään hitsaamaan sekä etu- että alapuolelta runkopalkkiin. Kiinnityksen on oltava tukeva, jotta mahdollisten tukijalkojen virhekäyttöjenkin vuoksi hitsausseamat eivät leikkaannu eikä repeä. Kiinnityskappaleet asennetaan 155 millimetriä päällirakenteen uloimmasta kohdasta sisäänpäin.

Päällirakenteen valmistus on nyt vaiheessa, jossa kaikki lavan teräksestä valmistettavat osat ja osakokonaisuudet ovat valmiita. Tämän jälkeen tarkastetaan vielä, että mitään työvaiheita ei puutu ja kaikki oleellinen on tehty. Seuraava vaihe on pintakäsittely, jonka jälkeen rakenteisiin ei ole suotavaa esimerkiksi porata reikiä. Seuraavaksi kerron päällirakenteen rungon ja muiden osien pintakäsittelystä.

5.2.6 Pintakäsittely

Päällirakentamisen yksi tärkeimpiä vaiheita tuotteen pintakäsittely. Kestävän ja laadukkaan tuotteen aikaansaamiseksi on tärkeää, että materiaalit on valittu siten, että kulumisen ja korroosion aiheuttamat vauriot ovat vähäiset. Kohdeauton päällirakenteen valmistuksessa on käytetty pääosin S355-rakenneterästä. Altistuessaan riittävälle kosteudelle, sen pinta ruostuu jopa muutamassa tunnissa. Päällirakenteen pintakäsittelyyn käytetään kuumasinkitystä. Se on erittäin tehokas tapa ehkäistä korroosiota. Aiemmin mainitsin päällirakenteen apurungon päiden olevaan avoimet. Se on olennaista pintakäsittelyn onnistumisen vuoksi. Ennen sinkitysprosessia päällirakenteen muihin putkipalkkeihin, sopiviin kohtiin, porataan useita reikiä. Reikien tarkoituksena on päästää sulanut sinkkiseos putken sisälle ja putken sisällä oleva ilma ulos. Näin putkeen ei jää ilmataskuja ja koko putki saadaan tehokkaasti sinkittyä myös sisäpinnoilta. Sinkityksen tekee Aurajoki Oy:n Mikkelissä sijaitseva tuotantolaitos. Ennen sinkitysprosessia päällirakenteen runko puhdistetaan peittaamalla eli upottamalla se laimeaan happokylpyyn. Peittaus poistaa tehokkaasti ruosteen ja muut epäpuhtaudet metallin pinnasta. Sen jälkeen osat upotetaan juoksutekylpyyn, joka estää metallin hapettumisen ennen varsinaista sinkitystä. Kun kappaleet ovat riittävän puhtaita ja kuivia, ne upotetaan sulaan sinkkiin, jonka lämpötila on noin 450 °C. Kemialliset reaktiot aikaansaavat sinkkipinnoitteen kappaleiden pinnalle. Sen paksuus vaihtelee muun muassa materiaalin paksuuden, sinkkipitoisuuden ja upotusajan mukaan. Yleensä sinkkikerroksen paksuus metallin pinnalla on $40\mu\text{m} - 200\mu\text{m}$. Sinkkikerroksen paksuus suojaa metallia vähintään 30 vuotta, mikäli sinkkikerros pysyy ehjänä. [18.]

5.2.7 Lavan pohjan ja kuormauslenkkien asentaminen

Tässä rakennusvaiheessa koko perusrunko on pintakäsitelty. Pinta on hopeanharmaa sinkkipinnoite, jonka pinnassa näkyy satunnaisia kuvioita. Ne ovat sinkitysvaiheen aikaansaaamia. Paikoitellen pinnan väri on tummanharmaa kohdissa, joissa on hieman paksumpi sinkkikerros. Päällirakenteen runko nostetaan auton päälle ja pultataan siihen kiinni. Pultteina käytetään MAN:n alkuperäisiä M12-pultteja, jotka ovat lujuusluokaltaan 10.9. Kiinnityspulttien kokonaismäärä on 48, eli 24 pulttia per apurunko. Ajoneuvon rungossa olevien reikien halkaisija on 13 millimetriä. Lavan pohjaksi leikataan kolme millimetriä paksusta alumiinipelistä, niin sanotusta turkkipelistä, sopi-

van kokoisia paloja. Kolme levyä riittää peittämään koko lavan pinta-alan. Ne kiinnitetään lavarungon laitoihin hitsattuihin kiinnikelevyihin itseporautuvilla ruuveilla samalla tavalla kuin vanerit. Lavalle täytyy asentaa vielä kuormansitomisenlenkit. Tässä vaiheessa on huomioitava lain vaatimus lenkkien määrästä ja sijainnista. Turkkipeltiin porataan riittävän kokoiset reiät lavalle asennettaville kuormankiinnityslenkeille. Niitä asennetaan yhteensä kahdeksan kappaletta, neljä kummallekin sivulle. Lenkit sijaitsevat lavalla symmetrisesti. Lavan kulmissa olevat lenkit kiinnitetään pulttaamalla aiemmin valmistettuihin kiinnikelevyihin. Loput pultataan suoraan lavarakenteen runkorakenteeseen. Kiinnityksessä on käytettävä molemminpuolisia aluslevyjä, jotta pultin kanta ja mutteri eivät leikkaudu. Lenkit voidaan taistaa siten, että ne ovat lavan tasopinnan alapuolella, kun niitä ei käytetä. Siten ne eivät ole kuorman tiellä ja mahdollistavat lavalla esteettömän kulun.

5.3 Kuormausnosturin asentaminen

Kuormausnosturin paikalleen nostaminen ja sovittaminen on aiemmin tehtyjen sovittustöiden vuoksi nopeaa. Nosturin mallista johtuen, sen massakeskipiste ei ole aivan sen keskilinjalla. Sen vuoksi nosturi joudutaan asentamaan hieman vasemmalle puolelle ajoneuvon keskilinjaan nähden. Ajoneuvon kallistelun välttämiseksi nosturin massakeskipiste on oltava mahdollisimman lähellä ajoneuvon keskilinjaa. Kuormausnosturin kiinnitys tapahtuu neljällä, halkaisijaltaan 30 mm kierretangoilla, joiden lujuusluokka on 12.9. Tangot pujotetaan ajoneuvon puoleisien putkien läpi, jotka on asennettu takaosaan autoa. Kierretangot kiristetään nylock-lukitusmuttereilla niiden molemmista päistään.

Nosturin asennuksen jälkeen asennetaan hydrauliiikkapumppu, -nestesäiliö, ja -putket. Usein raskaankaluston ajoneuvoissa hydrauliiikkanestesäiliö on kiinnitetty runkorakenteisiin auton sivulle. Koska kohdeautoa käytetään maastoajossa, nestesäiliön ainoa sopiva paikka on ohjaamosuojan etupuolella. Säiliö on kouvolaalaisen Kovi Oy:n tuote. Se on valmistettu kokonaan alumiinista ja sen massa on tyhjänä 13 kg. Säiliön ulkomitat ovat 750 mm x 477 mm x 170 mm, joista muodostuu tilavuudeksi noin 60 litraa. Säiliölle valmistetaan teräslevystä ja värinänvaimentimista teline keskelle ohjaamosuojaa. Lavarungon alapintoihin kiinnitetään yhteensä kuusi alumiinista putkea hydrauliiikka-asennuksia varten. Kiinnitykseen käytetään nylonista valmistettuja put-

ken kiinnitysholkkeja. Säiliö ja järjestelmä täytetään hydraulikkaneesteellä, joka on viskositeetiltaan 22 cSt (40 °C). Nesteeltä vaaditaan hyvää leikkautumiskestävyyttä käytettäessä kuormausnosturia pitkiä aikoja suurilla hydraulikkapaineilla. Sen lisäksi nesteen on oltava vaahtoamatonta.

Hydrauliikkapumppu asennetaan vaihteistoon voimanulosoton jatkeeksi. Nestesäiliöltä viedään pumpulle halkaisijaltaan kolme tuumainen imuletku, josta pumppu imee hydraulikkaneestettä paineistaakseen sen. Imuputken vierestä pumpulta lähtee paineletku, joka viedään runkoon asennettuihin putkiin. Niiden toisessa päässä on nosturin käyttöhydrauliikan sisääntuloliittimet. Koska liittimiä ja putkia on useita ja tilaa vähän, joudutaan liittimet asentamaan limittäin. Mikäli ne asennettaisi rinnakkain, liittimien kiristäminen olisi hankalaa. Nosturin varustukseen kuuluu sivuille levitettävät tukijalat. Niiden kokonaispituus on 1220 mm ajoneuvon ulkoreunasta mitattuna. Tukijalkojen käyttö tapahtuu hydraulisesti. Sen vuoksi sylintereiden letkut on mitoittettava riittävän pitkiksi, jotta tukijalkoja voidaan käyttää maksimileveydellä. Turvallisen käytön takaamiseksi nosturissa on induktiiviset anturit, joilla havaitaan mikäli tukijalat ovat käytössä. Kuljettajaa varoitetaan merkkivalolla kojetaulussa, kun tukijalat ovat levitetyinä.

5.4 Sähköjärjestelmän päivitys

Kohdeautoon asennettujen sähkölaitteiden vuoksi täytyy muun muassa kojelautaa ja sulakerasioita muokata. Kojelautaan asennetaan käyttökytkimet vinssille, kuormausnosturille, haku-, työ- ja varoitusvaloille sekä vaatteiden kuivatuskaapin sähkötuuletimelle. Erillisille kytkimille on peitelevyjien alla vakiokokoiset asennusreiät. Katkaisijoita on saatavilla alkuperäisvaraosina erilaisilla symboleilla varustettuna. Katkaisijat ovat kaksi- tai kolmitoimisia. Jokaiselle asennettavalle sähkölaitteelle viedään erilliset johdotukset hyödyntämällä ajoneuvon omia johtonippuja, sulakerasioita ja läpivientejä. Sähköjärjestelmän päivitys on suhteellisen nopeaa ja helppoa, koska sulakerasioissa ja kojelaudassa on reilusti tilaa uusille sähköosille. Vain releille hankitaan omat rasiinsa. On tavallista, että raskaankaluston ajoneuvoihin asennetaan jälkikäteen useita sähkölaitteita. Suurin osa lisäasennuksiin käytetystä johdosta on poikkipinta-alaltaan 1,5 mm². Hyvän laadun takaamiseksi liitoksissa käytetään vesisuojattuja tinaliittimiä ja lämpökutistuvaa kutistesukkaa.

Vaatteiden kuivatuskaapin taka-osaan leikataan aukko sähkötuulettimelle ja lämmityselementille. Tuuletin toimii ainoastaan yhdellä nopeudella. Ohjaamoon asennetaan käyttökytkin tuulettimen ohjaukseen. Sen siivet imevät ilmaa lämmityskennon lävitse. Tuulettimen siipien halkaisija on noin 120 millimetriä. Kennoon kulkee moottorin jäähdytysnestettä auton omasta jäähdytysjärjestelmästä. Sen vuoksi auton jäähdytysjärjestelmään joudutaan tekemään muutoksia. Meno- ja paluulinjat erotetaan T-haaroilla letkujen avulla. Koska moottorin jäähtyminen tuulettimen kennon kautta on erittäin vähäistä, jäähdytysneste pääsee vapaasti kulkemaan lämmityskaapin kennolle.

6 LUJUUSLASKELMAT

Suomen tieliikennelaki vaatii ajoneuvoon rakennettavan päällirakenteen suhteen tiettyjä lujuuksia. Kuormakorin kiinnityksen ajoneuvoon on kestettävä asetettuja kiihtyvyyksiä ja rasituksia ilman pysyviä muodonmuutoksia. Kohdeauton päällirakennetta koskevat Liikenneministeriön päätökset ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä. Säädökset ovat tulleet voimaan 14.12.1982. Ne kuuluvat päätökseen 940/1982.

6.1 Lainsäädäntö

Lakitekstin maininta kuormakorista tarkoittaa kohdeautoon rakennettavaa lavarakennetta. Kohdeauton kuormausnosturi on kiinnitetty kiinteästi päällirakenteen apurunkoon, se on otettava huomioon päällirakenteen massassa. Tehdasvarusteisena kohdeauton omamassa on 6065 kg. Sen kokonaismassa on 13500 kg. Päällirakenteen ja kantavuuden summaksi saadaan siten $m_{kan} = 13500\text{kg} - 6065\text{kg} = 7435\text{kg}$. Lujuuslaskelmia laadittaessa on käytettävä ko. massaa, jotta riittävä kiinnitysvarmuus saavutetaan. Ajoneuvon todellinen kantavuus on $m_K = 13500\text{kg} - 9530\text{kg} = 3970\text{kg}$, jossa kokonaismassasta on vähennetty ajoneuvon massa päällirakennettuna. Ohessa on otteita Tieliikennelain kohdasta 940/1982 niiltä osin, jotka koskevat rakennettua päällirakennetta ja sen kiinnityksiä ajoneuvon runkoon.

3 § Kuormakorin kiinnittäminen ajoneuvoon

- Eteenpäin kuorman ja kuormakorin yhteenlaskettuun massaun vaikuttava voima, joka vastaa vähintään kiihtyvyyttä $14 \frac{m}{s^2}$.
- Sivuille ja taaksepäin kuorman ja kuormakorin yhteenlaskettuun massaun vaikuttava voima, joka vastaa vähintään kiihtyvyyttä $7 \frac{m}{s^2}$.
- Pystysuunnassa suurempi seuraavista voimista: ajoneuvon alustan massaun vaikuttava voima, joka vastaa vähintään kiihtyvyyttä $10 \frac{m}{s^2}$ tai kuorman ja kuormakorin yhteenlaskettuun massaun vaikuttava vastaava voima.

5 § Kuormakorin etupäädyn tai ohjaamon suojan mitat

- Kiinteän kuormakorin etupäädyn on oltava vähintään kuormatilan levyinen ja ohjaamon korkuinen.

6 § Etupäädyn tai ohjaamon suojan lujuus

- Etupäädyn ja ohjaamon suojan tulee murtumatta ja repeämättä kestää päädyn tai suojan alalle tasaisesti jakautunut eteenpäin suunnattu kuormitus, jonka suuruus on vähintään kolmannes ajoneuvolle sallitusta kantavuudesta, kuitenkin enintään 60 kN.

8 § Kiinnityspisteiden nimellislujuus

- Ajoneuvon tai kuormakorin kantavuus 3,5 t - 6,0 t, lattiarakenteessa olevan kiinnityspisteiden nimellislujuuden oltava vähintään 10 kN.
- Kiinnityspisteiden tulee kestää murtumatta nimellislujuuteen nähden kaksinkertainen kuormitus, jolloin seinässä olevaan kiinnityspisteeseen vaikuttavan voiman suunta saa poiketa seinän tasosta enintään 30°. Kiinnityspisteiden nimellislujuuksien summan on oltava vähintään ajoneuvon tai kuormakorin kantavuuden suuruinen, umpinaisessa kuormakorissa kuitenkin vähintään puolet siitä.

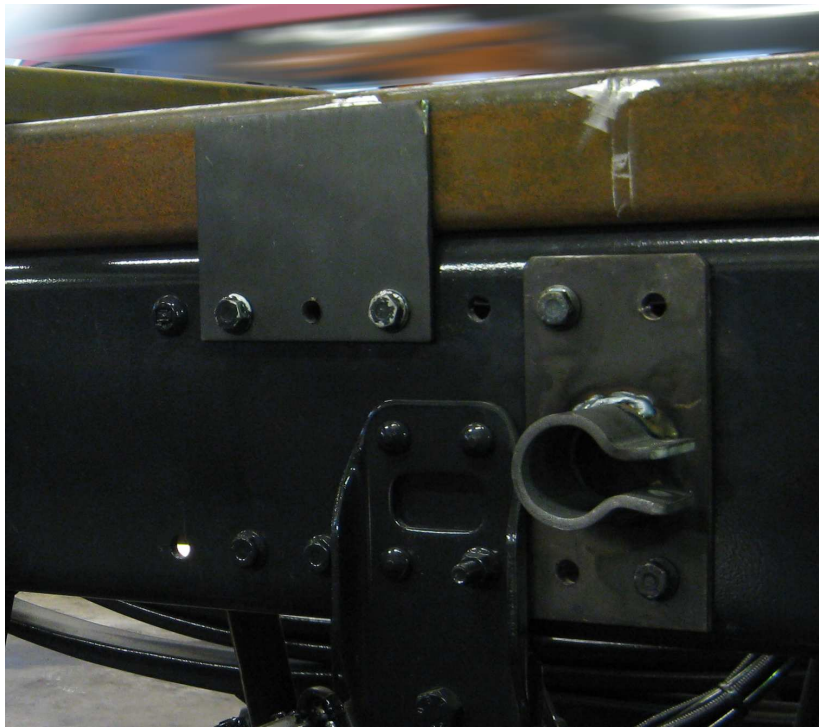
9 § Kiinnityspisteiden lukumäärä, sijainti ja muoto

- Kiinnityspisteitä on oltava vähintään kuusi. Kiinnityspisteiden tulee sijaita symmetrisesti kuormatilan molemmilla reunoilla sisä- tai ulkopuolella taikka sisä- ja ulkopuolella siten, että niiden avulla kuorma voidaan turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti sitoa. Kiinnityspisteiden välinen etäisyys pituussuunnassa saa olla enintään 1,2 m. Etummainen ja takimmainen kiinnityspiste saa olla enintään 0,25 m:n etäisyydellä etu- ja vastaavasti takapäädyn sisäpinnasta.
- Kiinnityspisteen muodon on oltava sellainen, että sidontaväline voidaan kiinnittää siihen helposti ja luotettavasti. Kiinnityspisteen saa korvata vastaavan lujuuden omaavalla sitomisvälineen kiristysvintturilla. (8.9.1989/790)

[17, s.544-546.]

6.2 Kuormakorin kiinnitys ajoneuvoon

Kuormakorin eli kohdeauton tapauksessa lavarakenteen ja nosturin yhdistelmän kiinnitys ajoneuvon runkoon on oltava riittävä. Kiinnityspisteiden täytyy kestää kiihtyvyys $14 \frac{m}{s^2}$ eteenpäin ja sekä taaksepäin että sivusuunnissa $7 \frac{m}{s^2}$. Kiinnityslevyjä on yhteensä kahdeksan kappaletta, neljä molemmiin puolin. Lujuustarkastelussa riittää, kun tarkastellaan heikointa kiinnityspistettä. Koska kiihtyvyydet pitkittäis- ja pystysuuntaan aiheuttavat samantyyppisen leikkausvoiman, riittää kun lujuuksia tarkastellaan suunnasta, josta aiheutuu suurin voima. Mikäli sen lujuus riittää, muutkin kiinnityspisteet täyttävät asetetut vaatimukset. Kiihtyvyyden ollessa eteenpäin, kiinnityspisteisiin kohdistuu suurin voima, joka on noin 104 kN. Kohdeauton tapauksessa kiinnityspisteet sijaitsevat symmetrisesti auton keskilinjaan nähden, joten kiinnityspisteet kestävät myös ko. kiihtyvyyden taaksepäin. Kuvasta 10 käy ilmi apurungon kiinnitystapa ajoneuvon omaan runkorakenteeseen. Myös lokasuojien kiinnityspiste näkyy oikealla. Kuva on otettu osien sovitusvaiheessa ja kiinnitys on vielä puutteellinen.



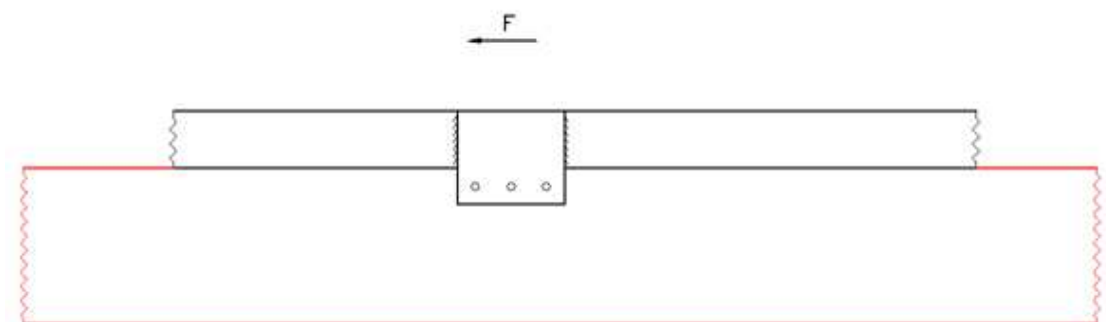
KUVA 10. Apurungon kiinnitystapa ajoneuvon runkoon

Lujuuslaskelma etenee vaiheittain alkaen pultin halkaisijan määrityksestä. Lisäksi on mitoitettava kiinnikelevyn vähimmäispaksuus ja lopuksi saadut arvot tarkastetaan vetojännityksen ja reunapuristuksen avulla. Kuten kuvasta 11 käy ilmi, pultteja on kolme rinnakkain per kiinnityslevy.

6.2.1 Pultin halkaisija

Aloitan laskemisen pitkittäiskiihtyvyydellä. Selvyyden vuoksi käytän yleensä yksikköä

$$MPa = \frac{N}{mm^2}.$$



KUVA 11. Apurungon vapaakappalekuva

Kuva 11 esittää tilanteen vapaakappalekuvana. Voiman F suunta on kiihtyvyyden suunta. Kuvassa näkyviä kiinnikelevyjä on yhteensä kahdeksan kappaletta. Voiman F suunta on positiivinen nuolen suuntaan (oletettuun kulkusuuntaan eteenpäin). Lasketaan yhteen kiinnikelevyyn kohdistuva voima suurimmalla vaaditulla kiihtyvyydellä:

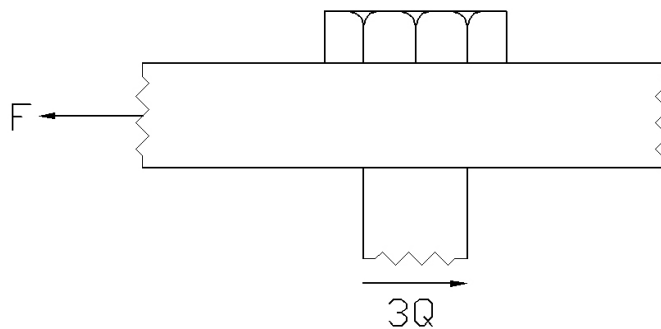
$$F = \frac{ma}{n} = \frac{7435 \text{ kg} \cdot 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{8} = \frac{104,09 \text{ kN}}{8} \approx 13,01 \text{ kN} . n = \text{kiinnikelevyjen määrä.}$$

Pultin sallittu normaali jännitys, kun pultin lujuusluokka on 10.9:

$$\sigma_{SALL} = \frac{R_e}{n_p} = \frac{R_e}{1,5} = \frac{1000 \text{ MPa} \cdot 0,9}{1,5} = 600 \text{ MPa} . \text{ Varmuuskerroin } n_p = 1,5$$

Pultin sallittu leikkausjännitys, vähennetty 10 %, koska liitos on yksileikkeinen:

$$\tau_{SALL} = 0,9 \cdot 0,6 \cdot \sigma_{SALL} = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 600 \text{ MPa} = 324 \text{ MPa}$$



KUVA 12. Pulttien leikkausvoimat

Kuvasta 12 saadaan tasapainoehto $F - 3Q = 0$. Ratkaistaan

$$Q = \frac{F}{3} = \frac{13,01 \text{ kN}}{3} \approx 4337 \text{ N} , \text{ joka on yhteen pulttiin kohdistuva leikkausvoima.}$$

Pultin vähimmäishalkaisija voidaan laskea kaavalla $\tau_{SALL} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}$, josta ratkais-

$$\text{taan halkaisija } d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \tau_{SALL}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4337 \text{ N}}{\pi \cdot 324 \text{ MPa}}} \approx 4,1 \text{ mm} . \text{ Saatu halkaisija on minimiar-}$$

vo, joka on laskettu varmuuskertoimella 1,5. Todellisuudessa pulttien halkaisija on 12 millimetriä.

Seuraavaksi tarkastellaan lujuuksia poikittaishiihtyvyyden arvolla $a = 7 \frac{m}{s^2}$. Sallittu

normaalijännitys käytetylle lujuusluokalle on $\sigma_{SALL} = \frac{R_e}{1,5} = \frac{1000MPa \cdot 0,9}{1,5} = 600MPa$

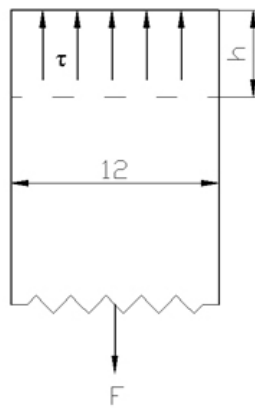
Varmistetaan, ettei pultin varsi katkea, sallittu normaalijännitys lasketaan kaavalla

$$\sigma = \frac{F}{kA_s} = \frac{ma}{kA_s} = \frac{7435kg \cdot 7 \frac{m}{s^2}}{24 \cdot 84,3mm^2} \approx 25,7MPa, \text{ jossa } k \text{ on pulttien lukumäärä ja } A_s \text{ on}$$

pultin jännityspinta-ala. M12-pultilla se on $84,3 \text{ mm}^2$. Varsi ei katkea, koska

$\sigma < \sigma_{SALL}$. Seuraavaksi täytyy varmistaa, ettei pultin pää leikkaudu. Pultin pään korkeus on 7,5 millimetriä. Lasketaan leikkautumispinta-ala

$A_p = \pi dh = \pi \cdot 12mm \cdot 7,5mm \approx 282,7mm^2$. Kuva 13 esittää vapaakappalekuva pultin leikkautumisesta.



KUVA 13. Pultin pään leikkautuminen

Kuvasta 13 saadaan tasapainoehto $\tau A_p - F = 0$, josta ratkaistaan leikkausjännitys

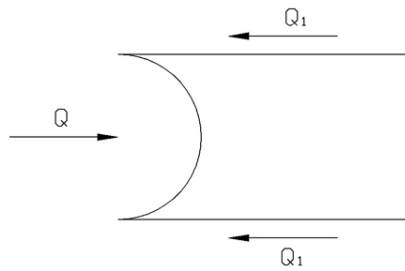
$$\tau = \frac{F}{A_p} = \frac{2169N}{282,7mm^2} \approx 7,7MPa < \tau_{SALL}, \text{ joten pultin pää ei leikkaudu. [19, s.42-46]}$$

6.2.2 Kiinnikelevyn paksuus

Määritetään sallittu leikkausvoima levyn leikkautumiselle, varmuuskertoimella 3,5.

$$\tau_{KR} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 490MPa = 294MPa$$

$$\tau_{SALL} = \frac{\tau_{KR}}{n_L} = \frac{294MPa}{3,5} = 84MPa$$



KUVA 14. Levyn vapaakappalekuva

Kuvan 14 vapaakappalekuvasta saadaan tasapainoehto $Q - 2Q_1 = 0$, josta ratkaistaan

$$Q_1 = \frac{Q}{2} = \frac{4337N}{2} \approx 2169N.$$

Levyn paksuus saadaan kaavasta $\tau_{SALL} = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_1}{bh}$, jossa A_1 on levyn leikkautumispin-
ta-ala. Ratkaistaan kaavasta levyn vähimmäispaksuus

$$h = \frac{Q_1}{b\tau_{SALL}} = \frac{2169N}{18,5mm \cdot 84MPa} \approx 1,4mm.$$

Kohdeautossa ko. kohdassa on käytetty le-
vynpaksuutta 8 millimetriä.

6.2.3 Vetojännitys ja reunapuristus

Tarkastetaan vielä edelliset laskutoimitukset laskemalla, etteivät vetojännitys ja reuna-
puristus ylitä sallittuja arvoja. Ne ovat vetojännitykselle $\sigma_{SALL} = 227MPa$ ja reunapu-
ristukselle $p_{SALL} = 380MPa$.

$$\sigma = \frac{F}{(b-d)h} = \frac{13010N}{(50mm-13mm)8mm} \approx 44,0MPa < \sigma_{SALL}$$

$$p = \frac{Q}{dh} = \frac{4337N}{13mm \cdot 8mm} \approx 41,7MPa < p_{SALL}$$

Koska raja-arvot eivät ylity ja varmuuskertoimet ovat riittävät, voidaan todeta, että
pultit eivät kiinnikelevy leikkaudu, kun pitkittäis- tai pystykiihtyvyys $a = 14 \frac{m}{s^2}$.

Myös poikittaiskiihtyvyydellä $a = 7 \frac{m}{s^2}$ saavutetaan vaadittu lujuus. [19, s.19; 20,
s.59.]

6.2.4 Hitsaussaumojen lujuus

Päällirakenteen apurungon kiinnikelevyt on kiinnitetty hitsaamalla apurunkoon. Seuraavaksi varmistetaan, että hitsaussaumamat ovat riittävät lujuudeltaan. Hitsin a-mitta, eli hitsaussauman poikkileikkauksen sisään piirretyn suurimman kolmion korkeus, on ratkaiseva tekijä. Tässä tapauksessa käytetään pienahitsin mitoitusperiaatteena yksinkertaista mitoitusta, jossa hitsiin oletetaan syntyvän kuorman suunnasta riippumatta aina leikkausta. Rakenneteräksen S355 suurin sallittu leikkausjännitys hitsille on $\tau_{WSALL} = \sigma_{WSALL} = 145MPa$ käytettäessä standardia SFS 2373. Koska kyseessä olevat hitsaussaumamat siirtävät voimaa, on voimassa ehdot $l \geq 50mm$ ja $l \geq 8a$ sekä $a \geq \sqrt{s} - 0,5mm$, jossa l = hitsaussauman pituus, a = hitsin a-mitta ja s = alustan ainevahvuus. Näiden lisäksi a-mitan on oltava välillä $a = 3...15mm$, koska a-mitaltaan alle 3 mm hitsaussaumoja ei lasketa lujuuden mukaan kantaviksi ja yli 15 mm a-mittaisten saumojen lujuus täytyy todeta kokeellisesti. [19, s.18-19]

Kuvassa 11 näkyvät hitsisaumat, joiden lujuutta tarkastellaan. Voima F on suurin kiihtyvyydellä $a = 14 \frac{m}{s^2}$, joten $F \approx 13,01kN$. Hitsaussauman pituus on 70 mm molemmin puolin kiinnityslevyä. Määritetään hitsin a-mitta siihen kohdistuva leikkausvoiman avulla $\tau_{WSALL} \geq \frac{F}{al}$, josta ratkaistaan a-mitta:

$$a \geq \frac{F}{l\tau_{WSALL}} \geq \frac{13,01kN}{2 \cdot 70mm \cdot 145MPa} \approx 0,64mm. \text{ Saatu arvo ei täytä a-mitalle asetettuja}$$

vaatimuksia, joten valitaan a-mitaksi pienin vaatimukset täyttävä a-mitta, joka on 3 millimetriä. Todellisuudessa kohdeautossa käytetty hitsaussauman a-mitta on noin 5 millimetriä. Siten hitsaussauman varmuus on $n = \frac{4,94mm}{3mm} \approx 1,6$.

6.3 Ohjaamosuojan lujuus

Ohjaamosuojan on kestettävä voima, joka on kohdeauton tapauksessa kolmannes sen kantavuudesta. Tässä tapauksessa tarkastellaan todellista tilannetta, jossa voiman aiheuttaa hyötykuormaa vastaava massa. Kyseisen massan suuruus on

$$m_{KAN} = 13500kg - 9530kg = 3970kg \text{ eli tarkasteltavan voiman suuruus on}$$

$$F = \frac{3970 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{3} \approx 13,0 \text{ kN} . \text{ Kun kyseinen voima jaetaan ohjaamosuojassa olevien}$$

pystysuuntaisten tukipalkkien määrällä, saadaan yhteen palkkiin kohdistuva voima.

Tasaisesti jakautunut voima korvataan siis pistekuormalla, joka kohdistuu puoleen

väliin ohjaamosuojan pystypalkkia. Olennaista on tarkastella palkkiin syntyvää taivutusjännitystä. Sen on oltava pienempi kuin käytetyn teräslaadun murtolujuuden eli

$R_m = 510 \text{ MPa} = \sigma_{SALL}$. Taivutusjännityksen ratkaisemiseksi lasketaan ensin taivutusmomentti, joka kohdistuu jokaisen palkin juu-

$$\text{reen: } M_t = \frac{12981,9 \text{ N} \cdot 981,5 \text{ mm}}{4} \approx 3185400 \text{ Nmm} . \text{ Pystypalkit ovat putkipalkkia, jonka}$$

poikkileikkausmitat ovat 40 mm x 60 mm x 3 mm ja sen taivutusvastus on tässä tapauksessa $W = 7010 \text{ mm}^3$. Ratkaistaan syntyvä taivutusjännitys:

$$\sigma = \frac{M_t}{W} = \frac{3185433,7 \text{ Nmm}}{7010 \text{ mm}^3} \approx 454 \text{ MPa} . \text{ Ohjaamosuoja kestää sille asetetut vaatimukset}$$

murtumisen ja repeämisen suhteen, koska $\sigma < \sigma_{SALL}$. Varmuuskerroin murtumiselle on

$$n = \frac{510 \text{ MPa}}{454 \text{ MPa}} \approx 1,12 .$$

6.4 Kuorman kiinnityspisteiden lujuus

Kuormankiinnityspisteiden sidontalenkit ovat valmiita tuotteita, jotka on tilattu eräältä raskaankaluston osatoimittajalta. Valmistajan mukaan niiden murtolujuus on 4000 kg

eli noin 39 kN. Siten niiden nimellislujuus on $F_N = \frac{39 \text{ kN}}{1,4} \approx 28 \text{ kN}$. Lain vaatima vähimmäisnimellislujuus 3500 kg - 6000 kg kantavuudeltaan olevien kuorma-autojen

kuorman sidontalenkeille on 10 kN. Lenkkien on kestävä murtumatta siihen nähden kaksinkertainen kuormitus eli 20 kN. Näin ollen varmuus lenkkien lujuudelle on

$$n = \frac{39 \text{ kN}}{20 \text{ kN}} \approx 2 . \text{ Tässä tapauksessa muissa laskelmissa käytetään todellista kantavuutta,}$$

koska sidontalenkkeihin kiinnitetään enintään todellisen kantavuuden sallima kuorma, joka on 3970 kg. Tarkastetaan, ettei kiinnityspultti katkea. Sen lujuusluokka on 8.8 ja

$$\text{sallittu normaalijännitys on } \sigma_{SALL} = \frac{R_e}{1,5} = \frac{800 \text{ MPa} \cdot 0,8}{1,5} \approx 427 \text{ MPa} . \text{ Oletetaan, että}$$

veto kohdistuu kokonaan pultin varteen. Vaikuttava normaalijännitys on

$$\sigma = \frac{F}{A_s} = \frac{20000N}{84,3mm^2} \approx 237MPa . \text{ Varsi ei katkea, koska } \sigma < \sigma_{SALL} . \text{ Varmuus pultin}$$

$$\text{varren katkeamiselle on } n = \frac{427MPa}{237MPa} \approx 1,8 . \text{ Tarkastetaan vielä, ettei pultin pää leik-}$$

kaudu. Sallittu leikkausjännitys on $\tau_{SALL} = 427MPa \cdot 0,6 \cdot 0,9 \approx 230MPa$ (vähennetty 10 % yksileikkeisyyden vuoksi). Pultin päähän vaikuttava leikkausjännitys on

$$\tau = \frac{F}{A_p} = \frac{20000N}{282,7mm^2} \approx 71MPa . \text{ Pultin pää ei leikkaudu, koska } \tau < \tau_{SALL} . \text{ Kuvassa 15}$$

näkyvät lavalla oleva kuormankiinnityslenkki ja sen kiinnityspultti, joiden lujuutta juuri tarkastelin. [21, s.9.]



KUVA 15. Lavan kuorman kiinnityslenkki

7 KATSASTUS

Kuorma-auton rekisteröintikatsastus on hieman erilainen toimenpiteiltään kuin henkilöauton. Katsastusta varten on toimitettava useita asiakirjoja ja todistuksia. Sellaisia ovat kohdeauton tapauksessa CE-vaatimuksenmukaisuustodistus, ajoneuvon alustapiirros, varustelistaus, todistus lujuusvaatimuksista, kuormausnosturin vakavuuslasikelma sekä asennustarkastuspöytäkirja. Kaikkia asiakirjoja ei voi itse laatia, vaan vaa-

timuksenmukaisuustodistuksen ja vakavuuslaskelman toimittaa ko. tuotteiden maa-
hantuaja. Vakavuuslaskelma tarkoittaa piirustusta, josta käy ilmi muun muassa nostu-
rin sallitut nostokuormat, ulottuvuudet sekä varmuuskertoimet. Vakavuuslaskelma on
liitteessä 1.

Kuormausnosturin käyttökoulutus kuuluu nosturin toimittajalle. Nosturia täytyy lisäksi
testata niin sanotulla ääripainotestillä. Testin tarkoituksena on selvittää muun muassa
mahdolliset kaatumisriskit ja vuotokohdat hydraulikkajärjestelmässä. Testaus ja käyt-
tökoulutus tapahtui Suur-Savon Sähkötyö Oy:n pihalla tammikuussa 2010. Nostetta-
vana massana on betonista valettu kuutio, jonka massa on noin 1050 kg. Kaatumisris-
kiä ei ollut eikä vuotokohtia löytynyt järjestelmästä. Testikuvia on liitteessä 2.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli minulle ennestään täysin tuntematon. Sen vuoksi koin sen
haasteelliseksi projektiksi heti alusta alkaen. Oman opettelunsa vaati niin päälliraken-
tamisen perusteiden opetteleminen kuin teknisen piirtämisen mieleen palauttaminen.
Kaikesta huolimatta pääsin aiheeseen käsiksi melko nopeasti ja pystyin keskittymään
olennaisiin asioihin. Päällirakentamisessa osien keskinäinen sovittaminen on vaativaa
työtä, joten mittatarkkuus ja piirustusten yhteneväisyys ovat avainasemassa laaduk-
kaan tuotteen aikaansaamiseksi.

Vastaavien tuotteiden valmistaminen tulevaisuudessa on helpompaa, kun otetaan
huomioon jo tässä projektissa havaitut tuotekehitysideat. Aikaisessa vaiheessa huoma-
tut muutostarpeet ovat helppoja korjata jo suoraan piirustuksiin ja siten estää väärit
valmistusmenetelmät. Lujuuslaskelmat ovat tarpeellisia paitsi turvallisuuden kannalta
myös materiaalien ainevahvuuksien optimoinnissa. Laskemalla vähimmäisvaatimukset
välttään ylimitoitukselta ja siten esimerkiksi ajoneuvon kantavuutta saadaan suu-
remmaksi. Tulevaisuudessa työtä nopeuttaa mahdollinen osien sarjavalmistus valmi-
iden mittapiirustusten perusteella. Sellaiseen työmenetelmään soveltuu hyvin esimer-
kiksi tietokoneohjattu plasmaleikkausyksikkö.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli dokumentoida kuorma-auton päällirakenteen valmistusprosessi. Mielestäni työni täyttää sille asetetut tavoitteet, koska työn toimeksiantaja Mikkelin Rekkakorjaamo Ky on saanut tilaamansa piirustukset ja tarvittavat lujuuslaskelmat oikeanlaisina käyttöönsä. Lisäksi olen valokuvannut valmistusprosessia useassa eri vaiheessa. Valokuvat ovat tärkeä osa dokumentointia. Asetin henkilökohtaisiksi tavoitteikseni itseni kehittämisen lujuuslaskijana sekä teknisenä piirtäjänä. Jälkikäteen on helppoa todeta niiden taitojen kehittyneen huomattavasti. Lujuuslaskelmia tehdessä täytyi miettiä laskentatapoja useasta eri näkökulmasta ennen lopullisia tuloksia. Käytännön valmistusprosessin tarkkailu auttoi osaltaan laskutapojen valinnassa. Laatamani lujuuslaskelmat ovat tärkeänä apuna seuraavan päällirakenteen suunnittelu-prosessissa. Niiden antamat tiedot helpottavat materiaalivalintoja etenkin ainevahvuuksien ja pulttien halkaisijoiden osalta. Nyt valmistuneessa konstruktiossa ne ovat mielestäni reilusti ylimitoitettuja.

Kokonaisuutena pidän opinnäytetyöni aihetta haasteellisena, mutta mielenkiintoisena projektina. Onnistuneeseen lopputulokseen vaikuttivat muun muassa perehtymistä vaativat osiot, hyvät koulutusmateriaalit sekä valokuvaaminen. Käytännön neuvot ja asianmukaiset työskentelytilat toimeksiantajan puolelta ovat huomionarvoisia seikkoja lopputuloksen arvioinnissa. Dokumentoinnin ja muun aiheeseen liittyvän työskentelyn aikataulun sain melko vapaasti itse valita. Siten piirtämiseen, valokuvaamiseen ja muuhun työskentelyyn oli riittävästi aikaa. Huomasin, että aikaväli käytännön mittauksen ja teknisen piirtämisen välillä kannattaa pitää mahdollisimman lyhyenä, jotta tärkeät seikat eivät unohdu. Omaan työskentelynopeuteeni nähden päällirakenteen valmistumisnopeus oli hyvinkin optimaalinen.

Liitteissä 2 - 3 näkyy projekti valmiina eli MAN TGM 13.240 4x4 päällirakennettuna asiakkaan tilauksen mukaisesti.

LÄHTEET

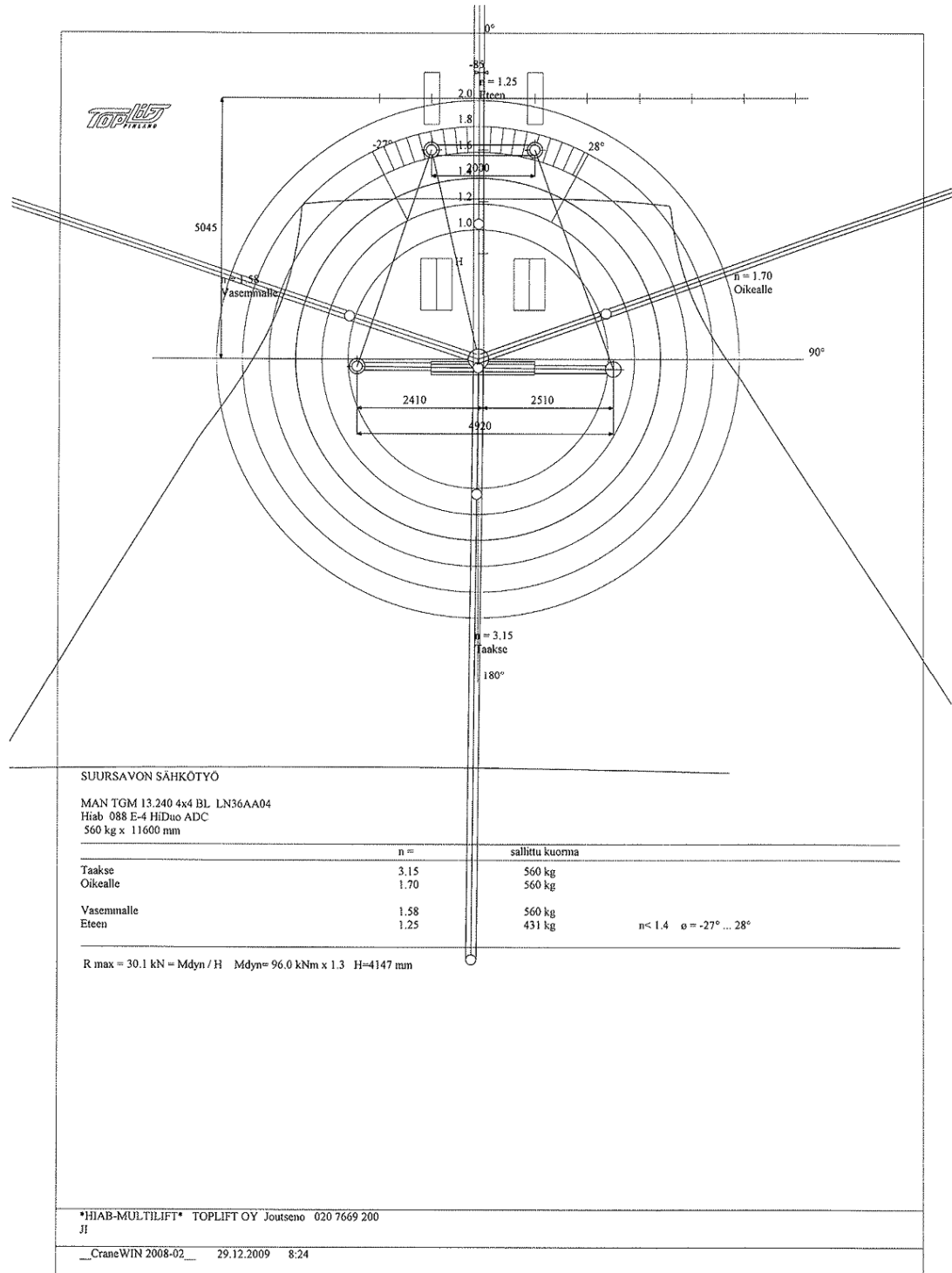
1. Kiiskinen Juha 2009. Moottoritekniikkaa: MAN D2868LF02. Suomen Autolehti 5/2009.
2. MAN Nutzfahrzeuge AG. MAN Engines. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoa. Viitattu 5.11.2009. Saatavilla: http://www.man-engines.com/datapool/mediapool/500/kraft_leistung_e.pdf
3. MAN Nutzfahrzeuge AG. Euro 4 Common Rail engines. PDF-dokumentti. Julkaistu 2009. Ei päivitystietoa. Viitattu 10.12.2009. Saatavilla: http://www.man-engines.com/datapool/mediapool/600/MAN_Euro_4_CR_Motoren_EN.pdf
4. Konekesko Oy 2009. MAN Service Training Center koulutusmateriaali LF-02a TG-mallisarja, yleinen.
5. ZF Friedrichshafen AG. Driveline Technology for Medium Trucks. PDF-dokumentti. Julkaistu 2008. Ei päivitystietoa. Viitattu 11.12.2009. Saatavilla: http://apps01.zf.com/zf.productDataBase/service/mediaFiles?levelTypeName=Products&levelID=19264&mediaFileName=9S1110TD_EN.pdf
6. MAN Nutzfahrzeuge AG. A clean solution – the MAN PM-KAT®. Verkkodokumentti. Ei julkaisutietoa. Ei päivitystietoa. Viitattu 11.12.2009. Saatavilla: http://www.mn.com/en/Innovation_and_Competence/UNUSED_Environment/UNUSED_Partikelfilter_-_Loesungen/UNUSED_MAN_PM-KAT.jsp
7. MAN Nutzfahrzeuge AG. Drawing of frame rails. PDF-dokumentti. Päivitetty 24.11.2009. Viitattu 06.01.2010. Saatavilla: http://www.manted.de/manted/zeichnung/81-41164-05/pdf/81-41164-0546_1.pdf
8. ZF Friedrichshafen AG. Organization. Verkkodokumentti. Ei julkaisutietoa. Ei päivitystietoa. Viitattu 13.12.2009. Saatavilla: <http://www.zf.com/corporate/en/company/organization/organization.html>
9. ZF Friedrichshafen AG. Product Overview. Verkkodokumentti. Ei julkaisutietoa. Ei päivitystietoa. Viitattu 13.12.2009. Saatavilla: http://www.zf.com/zfXmlServlet?resultUrl=/corporate/en/products/product_overview/ProductContentPage.jsp&sessionAttribute=xmlRoot&serviceUrl=http://apps01.zf.com/zf.productDataBase/service/applicationLayerContentPage&pageID=315347&productTypeID=17979&versionID=27125&applicationID=18149&applicationGroupID=&businessUnitShortcut=&divisionShortcut=&languageISOCode=EN#toggleBox
10. MAN Nutzfahrzeuge AG. Gearbox data sheet. Verkkodokumentti. Päivitetty 13.12.2009. Viitattu 06.01.2010. Käyttö vaatii sivustolle kirjautumisen. Saatavilla: http://www.manted.de/manted/epl/mn_aw_ge.epl

11. MAN Nutzfahrzeuge Gruppe 2009. 100% Trucknology MAN TGL, TGM. Esite-lehti.
12. Atlok Oy. Vinssit. PDF-dokumentti. Ei julkaisutietoa. Päivitetty 9/2004. Viitattu 11.01.2010. Saatavilla:
http://www.atlok.fi/tiedostot/061221103244_series12dc24.pdf
13. MAN Nutzfahrzeuge AG. Power take-off at gearbox data sheet. Verkkodokumentti. Ei julkaisutietoa. Ei päivitystietoa. Viitattu 06.01.2010. Saatavilla:
http://www.manted.de/manted/epl/mn_db_gena.epl?session=8bcbf350e931f35c1a3bd2bdd6328a16&GENA=10124%2C10040&AUTOZAEHLER=12502
14. Hiab Suomi. HIAB XS 088 | Hiab Suomi | Load Handling Solutions. PDF-dokumentti. Päivitetty 28.02.2008. Viitattu 15.02.2010. Saatavilla:
http://www.podshop.se/content/12/opensearchresult.aspx?file=PB-088-FI-EU_L.pdf
15. Hiab Suomi. HIAB XS 088 | Hiab Suomi | Load Handling Solutions. PDF-dokumentti. Päivitetty 13.03.2008. Viitattu 15.02.2010. Saatavilla:
http://www.podshop.se/content/12/opensearchresult.aspx?file=BD-088-FI-EU_L.pdf
16. Suur-Savon Sähkötyö Oy 2009. Tilausvahvistus MAN TGM 4x4 2009. Päällirakenteen tilaaja.
17. Lakikokoelma 2006. Tieliikenne. Helsinki: Edita Prima Oy.
18. Aurajoki Oy. Kuumasinkitys, elektrolyyttiset pinnoitteet ja jauhemaalaus. Verkkodokumentti. Ei julkaisutietoa. Ei päivitystietoa. Viitattu 18.03.2010. Saatavilla:
http://www.aurajoki.fi/fi/tuotteetjapalvelut_FI.htm
19. Blom Seppo, Lahtinen Pekka, Nuutio Erkki, Pekkola Kari, Pyy Seppo, Rautiainen Hannu, Sampo Arto, Seppänen Pekka, Suosara Eero 2006. Koneenelimet ja mekaniemit. Helsinki: Edita Prima Oy.
20. Outinen Hannu, Salmi Tapio 2004. Lujuusopin perusteet. Tampere: Klingendahl Paino Oy.
21. TMT-Malinen Oy. Yrityksen tuotekuvasto. PDF-dokumentti. Ei julkaisutietoa. Päivitetty 1/2007. Viitattu 14.04.2010. Saatavilla:
<http://www.tmt.fi/tiedostot/hosio.pdf>

LIITTEET

LIITE 1

Kuormausnosturin vakavuuslaskelma



LIITE 2

Kohdeauton ääripainotesti



LIITE 3

Kohdeauto päällirakennettuna, valmiina asiakkaalle luovutusta varten

